

revista Cetesb  
de tecnologia

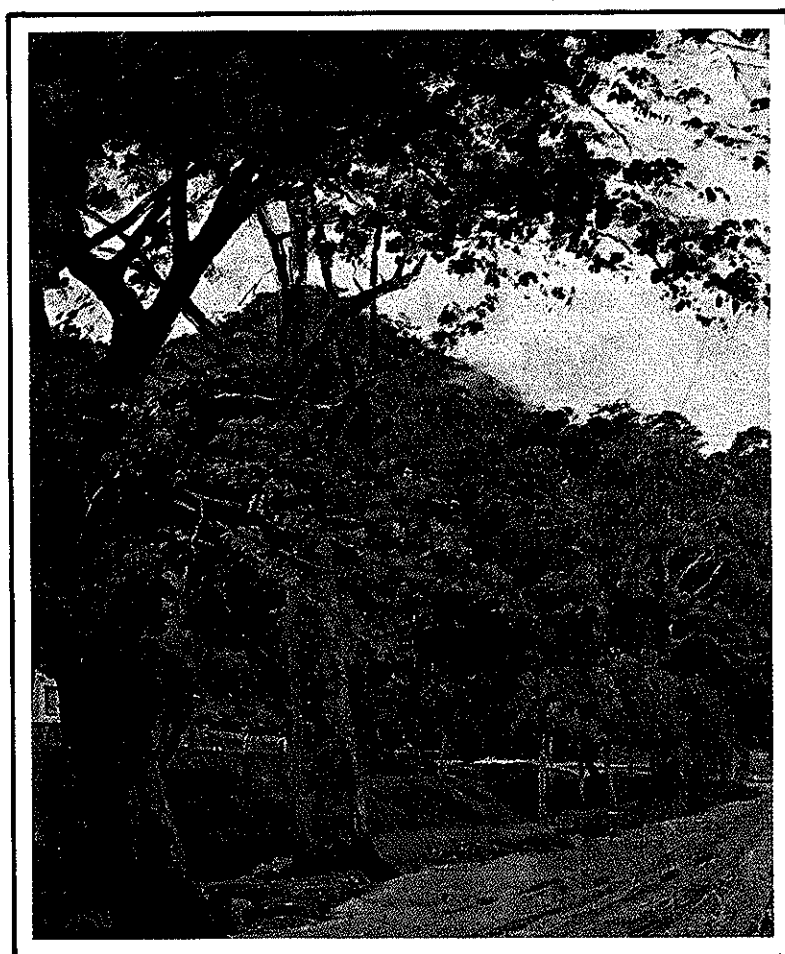
# ambiente

Volume 3 Número 1 1989

ISSN 0102-8685

Secretaria de Estado do Meio Ambiente

## Semeadura na Serra do Mar



Entrevista: José  
Lutzenberger

Variabilidade de testes  
de toxicidade com peixes

Efeitos do óleo nas  
folhas de mangue

Condições de tráfego e  
a emissão de poluentes

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Orestes Quércia  
*Governador*

**SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE**

Jorge Wilhelm  
*Secretário*

**CETESB**  
**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**  
Rogê Ferreira  
*Diretor-Presidente*

Eduardo San Martin  
*Diretor de Controle da Poluição*

Frederico Pegler Neto  
*Diretor Administrativo e Financeiro*

Jayme Gimenez  
*Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia*

Laura Maria Regina Tetti  
*Diretora de Programas e Mobilização*

Nelson Vieira de Vasconcelos  
*Diretor de Normas e Padrões Ambientais*

**ERRATA**

- Página 38: Figura 1: Localização ...  
(fonte IQG-SE, 1971)
- Página 39: Figura 2: Curvas das médias móveis (11 termos)  
de comprimento (cm), largura (cm), área  
foliar (cm<sup>2</sup>) e pastejo (%) de folhas de  
*A. schaueriana* da estação rio Iriri.

Volume 3

Número 1

1989

ISSN0102-8685

**Conselho Editorial (provisório)**

Arq. Jorge Wilhelm  
Adv. José Antonio A. Rogê Ferreira  
Prof. José Zatz  
Adv. Jayme Gimenez  
Eng. Eduardo San Martin  
Adv. Frederico Pegler Neto  
Soc. Laura Maria Regina Tetti  
Eng. Nelson Vieira de Vasconcelos  
Eng. Gabriel Murgel Branco  
Prof. Roque Monteleone Neto  
Prof. Hamilton Targa  
Eng. Ivan Carlos Maglio  
Psic. Germano Scara Filho  
Prof. Samuel Murgel Branco  
Prof. Luiz Roberto Tommasi  
Prof. Yara Schaeffer Novelli  
Prof. João Antonio Galbiatti  
Prof. Archimedes Perez Filho

Ambiente — Revista Cetesb de Tecnologia está indexada nos Excerpta Medica, Elsevier Science Publishers B.V.; no Repindex — Índice da Repidisca — Red. Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; no Ensic — Environmental Sanitation Information Service, do Asian Institute of Technology (Tailândia). É divulgada nos sumários correntes brasileiros: Ciências Exatas e Biológicas, do IBICT — Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia do CNPq.

**Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia:** Jayme Gimenez

**Editor:** Enio Squeff

**Editor de Arte:** Roberto Videira

**Secretária de Redação:** Maria Helena C. Jordão

**Diagramação:** José Diniz

**Composição:** Fotolito e Impressão: Imprensa Oficial do Estado — IMESP

**Redação:** Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345  
Prédio I — 8.º andar, sala 806; telefone: 210-1100  
ramais 320/377. CEP 05459, São Paulo, SP  
Brasil.

Os conceitos emitidos nos artigos assinados nesta publicação são de responsabilidade exclusiva de seus autores. A redação solicita que lhe seja informada qualquer transcrição, referência ou apreciação dos artigos da revista.

**Capa:** foto de José Jorge Neto.  
Agradecemos à diretora da Pinacoteca Pública da Secretaria de Cultura do Estado, Sra. Lurdes Cedran, a cessão da imagem da pintura da autoria de João Baptista da Costa que ilustra a capa desta revista.

## Sumário

Cartas .....	4
Editorial .....	5
<b>Ambiente Mundial</b> Samuel Murgel Branco .....	6
<b>Entrevista: A filosofia de Lutzenberger</b> .....	8
<b>Capa: A sementeira aérea na Serra do Mar em Cubatão</b> Sérgio Luís Pompéia, Dione Zangelmi A. Pradella, Suzana Eblin Martins, Ricardo Cardoso dos Santos e Katia Maria Diniz .....	13
<b>Zoneamento: uma análise crítica</b> James Jackson Griffith .....	20
<b>O sulfato de cobre como agente tóxico</b> Murilo Damato, Zuleika Beyruth, José Luiz Negrão Mucci, Cláudia Dornelles de Alvarenga e Aristides Almeida Rocha .....	26
<b>Impactos ambientais: a experiência alemã</b> Celina Bragança Cláudio .....	32
<b>Efeitos do óleo nas folhas de mangue</b> Fábola de Oliveira Rodrigues, Débora Orgler de Moura e Cláudia Condé Lamparelli ...	36
<b>O efeito da camada de mistura na poluição do ar</b> Sívio de Oliveira .....	46
<b>Variabilidade de testes de toxicidade com peixes</b> Eduardo Bertoletti, Elenita Gherardi-Goldstein e Pedro Antonio Zagatto .....	52
<b>Condições de tráfego e a emissão de poluentes</b> Eduardo M. Murgel e Alfred Szwarc .....	59
<b>Opinião: Construindo a "Cultura da Casa"</b> Jorge Wilhelm .....	66

## CARTAS

Prezados Srs.

Li em *Ambiente*, n.º 2, vol. 2, de 1988, à pág 91 e seguintes, um interessante artigo sobre modificações no combustível ora em uso, em veículos leves e suas implicações na qualidade do ar.

Comecei a ler o artigo pela Conclusão e chamou-me a atenção a palavra conservadora, já na primeira linha. A partir daí, resolvi ler o artigo todo, com mais profundidade, e ocorreu-me fazer os seguintes comentários:

1. Em *Materiais e Métodos*, pág 92, final do primeiro parágrafo, é transmitida a idéia de que as regulagens da frota de veículos, são freqüentes e necessárias, por serem freqüentes as mudanças no combustível, o que implica também na impossibilidade de se exigir uma regulagem a cada variação do combustível.

2. No cálculo das emissões advindas do uso do combustível modificado, usou-se o fator 32%, de acréscimo, o que mostra em contradição com 1, que se espera a existência do combustível modificado durante 100% do tempo (hipótese não conservadora).

Se este for o caso, o problema fica resolvido com uma única regulagem.

3. Mais adiante se lê:

A série de ensaios demonstrou um único benefício ambiental... a redução na emissão de aldeídos...

Não houve demonstração, mas sim, uma inferência. A afirmação contida no artigo precisa ser demonstrada, uma vez que o método utilizado para medida de aldeídos sofre interferência negativa de aldeídos, de cadeias longas (I), como os formados pela combustão da fase gasolina do combustível modificado. No caso de a diminuição ser proveniente de interferência, o benefício acima fica invalidado.

4. Da análise da Tabela 2, vê-se que o veículo de taxa de com-

pressão menor apresentou um aumento da emissão de NOX (antes da diminuição subsequente), ao se utilizarem misturas cada vez mais ricas em gasolina. Este fato mostra que a regulagem do carburador (pelo menos a de marcha lenta) estava rica demais para o combustível base. (Vide gráfico qualitativo das emissões de HC, CO, NOX, em (II).

5. Na última frase da coluna esquerda, à pág. 93, lê-se, ... apresentou um aumento de emissão de NOX, *que era previsível pelo fato de a mistura ser energeticamente superior...* (grifo meu). Deve-se lembrar que a mistura não libera mais energia, que o álcool puro, pelo fato de o motor não estar otimizado para essa mistura, o que bem o demonstra o aumento de CO e o de HC (hidrocarbonetos) com o aumento do teor de gasolina no álcool. O aumento da emissão de NOX deve-se (como em 4) à melhora da qualidade da mistura para a regulagem inicial do veículo e não ao aumento do potencial energético da mistura. Caso contrário, o mesmo comportamento seria observado também no outro veículo. Concluindo, o comportamento das emissões de NOX obedece a um modelo lógico e não (como o afirmado) contraditório; deve-se apenas identificar corretamente a variável que influencia o fenômeno analisado.

Para encerrar, gostaria de dizer que a intenção desta, não é a de criar polémica em torno do assunto ou a de ser "advogado do diabo" mas, a de aclarar certos pontos que, dada a sua fragilidade como argumentação técnica, não contribuem para reforçar posições quanto ao controle de emissões de veículos e melhoria da qualidade do ar.

Como sugestão, julgo ser mais apropriado o combate da idéia de alteração do combustível, com adição de gasolina, através da demonstração de que tal uso para a gasolina é muito

pouco nobre, uma vez que para veículos leves, temos o álcool etílico — combustível renovável e cujos procedimentos de controle são conhecidos de ponta a ponta.

Agradeço a acolhida que for dada a esta e desejo que o sucesso deste periódico perdure e que se mantenha no ritmo crescente de até o presente momento.

Atenciosamente,

Manoel Paulo de Toledo

(I) — *Methods of Air Sampling and Analysis*, APHA Society, 2.ª edição, pág. 312.

(II) — *Curso de Controle de Poluição do Ar — Veículos Automotores*, SUSAM, 1972.

São Paulo, 09 de abril de 1989

Senhores:

Reitero minhas congratulações ao Conselho Editorial da revista "Ambiente" pela linha de conduta da mesma, fundamentada nas abordagens dos problemas que afligem a Engenharia Ambiental do Brasil. Os trabalhos apresentados, pelo menos até o volume 2, número 2, 1988, caracterizam-se por redações técnico-científicas objetivas, sem a linguagem teórica doutoral, porém sem perder a coerência com a pesquisa pura e, traço raro, a abordagem dos problemas brasileiros. Outro fator de confiabilidade da "Ambiente", é a ausência da propaganda mentirosa e inidônea e das promoções pessoais falsas e dirigidas, virus que vêm correndo várias revistas técnicas brasileiras.

1 — O trabalho apresentado às fls. 94 do citado volume 2, número 2, 1988, assinado por Nelson Ellert, John Greenhouse, Mark Monier-Williams, sobre aplicações da geofísica, a meu ver, contém preciosos subsídios para as tentativas das soluções para um dos grandes problemas que afligem as concessionárias de

Continua na pág. 65

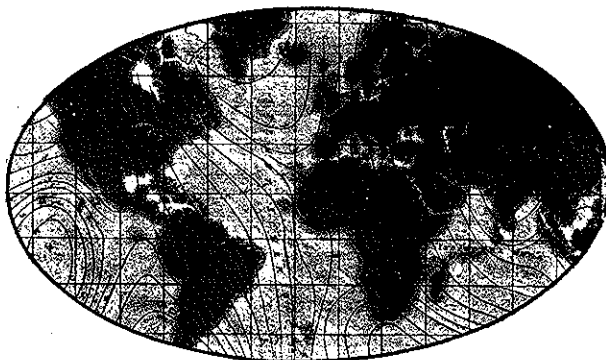
# Por uma Nova Ciência

A idéia de que a proteção ao meio ambiente é antes de tudo matéria para a ciência, tem a estribá-la a realidade de nosso mundo tecnológico: é o universo regido pela técnica a causa primária de nossas vicissitudes. Sem qualquer truísmo, parece meridiano que o que a ciência destrói, é a ciência que deve reconstruir. Nunca em tempo algum a ciência foi tão importante, seja para o bem, seja para o mal. Goethe exprimiu bem o problema em seu "Fausto": o saber só é tudo na perspectiva exata de suas limitações que não estão nunca fora do humano, ou do seu sucedâneo, a natureza.

Mas a resposta à ciência — está demonstrado — não é um problema apenas para cientistas. Assim como Clausewitz dizia que a guerra era um assunto importante demais para ficar entregue apenas nas mãos de militares (e Clausewitz foi um militar), a tecnologia para o saneamento ambiental não se circunscreve apenas à visão cientificista da ciência, com o perdão do aparente pleonasma. Referimo-nos à impossibilidade de que a preservação do meio ambiente desconsidere o novo humanismo imbricado em seu próprio projeto. Tratar-se-ia, em última análise, de buscar uma harmonia entre a tecnologia e a natureza; e, para tanto, não basta a contrapartida dos investimentos em equipamentos contra a poluição; ou o estudo dos processos de proteção contra o fato consumado dos projetos predatórios. Num ou noutro caso, a Cetesb, ou qualquer instituto do gênero, estaria servindo de contraforte, de escudo a processos sempre deletérios à natureza.

É neste sentido que se impõe também uma revisão nos estatutos de toda uma concepção de ciência. Se 40% dos cientistas do mundo vêm sendo mobilizados pela indústria bélica, o que se coloca não é que se mude a ciência, mas toda uma situação belicista que está no âmago das sociedades contemporâneas. E se essa não é uma tarefa só para os cientistas, cabe-lhes a primazia na discussão de seu papel na sociedade contemporânea. É matéria do seu âmbito, deve e certamente fará parte do que também terá de ser feito pela Cetesb e especialmente por seu órgão científico, a revista *Ambiente*. Não é outra, aliás, a nossa intenção ao publicarmos mais um número de nossa revista: tanto quanto possível ela espelhará exatamente essa nova concepção; é uma das razões da sua existência.

**Rogê Ferreira**  
Diretor-Presidente



Prof. Samuel Murgel Branco

### Preocupações ambientalistas no Japão

O órgão oficial japonês de preservação do meio ambiente emitiu recentemente um documento (revista "Science" 15 de julho de 88), no qual enfatiza a necessidade de que o Japão assuma uma posição de liderança na política de preservação ambiental, a nível tanto nacional quanto internacional. Segundo o documento, isso seria condizente com a liderança do Japão em termos de poder econômico. O documento acentua que, tendo em vista o fato de ser aquele país um dos maiores importadores de recursos naturais renováveis e exauríveis (o Japão é o segundo maior consumidor mundial de combustíveis fósseis), e que, por outro lado, ao assumir, em breve, o papel de maior provedor de ajuda estrangeira, ele não poderá se omitir na questão ambiental e dos problemas gerados por sua própria atuação econômica. Conforme o documento, "a problemática ambiental mundial já passou pelo estágio de fazer propostas e deliberações, para ingressar na fase de realização de ações concretas".

Comentaristas, entretanto, são céticos quanto à eficácia destas recomendações dirigidas pelo órgão ambiental ao governo japonês. Embora não seja posta em dúvida a sinceridade do desejo manifestado pelo órgão ambientalista oficial nipônico, há uma dificuldade reconhecida no sentido de sensibilizar o governo e principalmente o povo japonês para as questões ambientais globais. Os japoneses têm tido sucesso em medidas de proteção ambiental quando essas afetam diretamente a saúde pública; porém, os levantamentos de opinião pública realizados pelo próprio governo japonês, têm revelado que o nível de interesse da população pelos problemas de extinção de espécies, esgotamento de recursos naturais e o efeito de estufa, é muito inferior ao apresentado pelas populações européias.



### A participação do acadêmico no aperfeiçoamento de técnicas

Um problema constante e característico de nosso século é o do papel desempenhado pela pesquisa científica na evolução dos processos industriais ou, visto por outro ângulo, o da maneira pelo qual o setor privado absorve e utiliza a pesquisa acadêmica. Esse relacionamento — embora evidentemente necessário — é dificultado, em princípio, por uma divergência essencial de temperamentos e objetivos entre o executivo e o acadêmico, fato que os coloca nas posições antagonicas que todos reconhecemos entre a praticidade e o conhecimento ilimitado; entre a contingência de um mercado e a liberdade absoluta do pensamento; entre a prática e a gramática...

W. G. Agnew, diretor de planos de programas nos laboratórios de pesquisas da General Motors, dos Estados Unidos da América, realizou uma palestra a respeito para os membros da "American Association for Advancement of Science", a qual foi resumida no "Observer", suplemento da revista "Science", de 3 de março de 1989. Diz Agnew, em primeiro lugar, que um acadêmico deve permanecer sempre acadêmico, ou seja, que jamais deve se transformar em "desenvolvedor de processos e produtos industriais": conforme Agnew, embora seja indiscutível que este representa o maior problema da indústria, ele nunca será satisfatoriamente resolvido pelo cientista, já que este não é o objetivo das universidades nem estas são boas nesse "métier". Os acadêmicos, em geral, não

têm muito gosto pelas exigências comerciais e desconhecem as estruturas e a engenharia de sistemas que constituem elementos importantes da indústria em nossos dias. O acadêmico deve ater-se à pesquisa e principalmente à pesquisa básica, o que de modo nenhum deixa de ser relevante para a indústria. A questão fundamental é: a que assuntos deve então o acadêmico aplicar seus estudos em pesquisa básica? O pivô da questão é conhecer os problemas reais da indústria e, a partir disso, determinar qual a pesquisa básica a ser feita para resolvê-los. Para tanto, será necessário um mais íntimo relacionamento entre os acadêmicos e os engenheiros industriais, através de contatos pessoais, seminários ou estágios. Os acadêmicos acreditam, geralmente, que uma vez publicado o resultado de suas pesquisas em uma revista especializada, sua tarefa está finda e o novo conhecimento em condições de ser aplicado, o que não é verdade. O engenheiro industrial não lê revistas científicas e a transferência de resultados da universidade para a indústria não pode ser feita desta maneira. Seria talvez conveniente usar estudantes qualificados, para levar as pesquisas ao conhecimento das indústrias, ensinando seus técnicos a utilizá-las. Às vezes, é necessária uma pesquisa adicional, de natureza tecnológica, para permitir essa transferência.

Para Agnew, o mais importante é o pesquisador tomar conhecimento dos problemas da indústria de modo a estabelecer as pesquisas básicas necessárias para resolvê-los. Penso, porém, que mesmo cientes desses problemas, os cientistas terão problemas de outra ordem no seu relacionamento com a indústria; questões de mentalidade, relacionados sobretudo à exigência de prazos a serem cumpridos, e limitações à extensão e profundidades desejadas para a pesquisa. Estas são duas condições indeclináveis do industrial e que jamais serão aceitas pelo acadêmico...



A lei do Rima  
na Suíça

Foi promulgado em 19 de outubro de 1988, o dispositivo legal que estabelece a obrigatoriedade do estudo de impacto sobre o meio ambiente (EIE) considerado "um instrumento insubstituível em matéria de prevenção" segundo a revista "Protection de l'environnement em Suisse", de número 4, de 1988. Esse instrumento vem regulamentar a lei de proteção do ambiente (LPE), onde ela estabelece que: "antes de tomar uma decisão sobre o planejamento e a construção ou modificação de instalações que possam afetar sensivelmente o ambiente, a autoridade apreciará a sua compatibilidade com as exigências da proteção do ambiente". O estudo de impactos ambientais permitirá, assim, determinar se um projeto atende às prescrições federais sobre a proteção ambiental. "A pedra angular do EIE é o relatório que estabelece o impacto de uma instalação sobre o ambiente (Relatório de Impacto). Este relatório deve ser previamente submetido pelo interessado às autoridades competentes; ele será avaliado pelo serviço especializado de proteção do ambiente".

Uma definição importante desse documento é a que se refere à limitação de tempo e extensão necessários à execução do estudo, de forma compatível com a realização do empreendimento, pois essa constitui a dúvida mais frequentemente levantada quanto ao desenvolvimento de estudos de impactos ambientais. De fato, por um lado, muitos empreendimentos "não podem esperar", uma vez que só são viáveis em um prazo reduzido, estabelecido pelo mercado existente, disponibilidades ou necessidades atuais; por outro, é frequente a alegação de insuficiência dos dados existentes para uma perfeita avaliação dos impactos resultantes. Em relação a este problema, a nova legislação suíça inclui uma novidade, constituída pelo "inquérito preliminar", o qual deve permitir determinar rapidamente e com poucos gastos, os aspectos do impacto sobre o ambiente que valem a pena ser salientados e que, conseqüentemente, merecem um estudo mais aprofundado. Se o inquérito preliminar já demonstrar que o projeto atende às prescrições sobre a proteção ambiental, o interessado contentar-se-á em consignar no relatório de impacto

ambiental, às conclusões desse inquérito. Se, pelo contrário, for necessário aprofundar aspectos relevantes, ele submeterá à autoridade competente uma "relação de encargos", ou proposta de estudos. Esta dará conta dos diferentes aspectos do impacto que serão estudados no relatório de impacto e fixará os limites geográficos, bem como o cronograma dos estudos a serem realizados. O órgão especializado de proteção do ambiente avaliará a proposta e apresentará ao interessado o seu parecer a respeito. Desta forma — afirmam os defensores da inovação — o relatório de impacto será muito mais objetivo, limitando-se ao essencial e definindo esforços e custos realmente indispensáveis.



Reflorestar para  
prevenir o efeito estufa?

A literatura científica sobre o famigerado "efeito estufa" vem proliferando rapidamente, indicando uma possível correlação com a sua importância mundial ou com o crescente reconhecimento da mesma pelas autoridades científicas. Em meio a essa avalanche de informações, aparecem alguns trabalhos que retomam a antiga proposta de Gregg Marland, de Oak Ridge National Laboratory, EUA, efetivada em 1976, sobre um rápido reflorestamento do globo terrestre como única maneira de contrabalançar as enormes descargas de CO<sub>2</sub> praticadas pelo homem civilizado sobre a atmosfera (Revista Science, números de 26 de fevereiro de 1988; de 7 de outubro de 1988; de 16 de dezembro de 1988). Segundo este autor, se conseguíssemos duplicar o volume de reflorestamento por ano, as nações que mais queimam combustíveis poderiam ter retardado o efeito estufa por uma ou duas décadas, dispondo deste tempo para reorientar o seu uso de energia. O problema inclui alguns aspectos altamente inquietantes, como, por exemplo, o da necessidade de ser cessado imediatamente o desflorestamento das regiões tropicais, os quais compreendem cerca de 30% das reservas florestais do mundo, que estão sendo devastadas à razão de sete a 20 milhões de hectares por ano, com um crescimento demográfico médio de 2,4%, e a conseqüente demanda de combustíveis.

A avaliação da possibilidade desse reequilíbrio através da intensificação

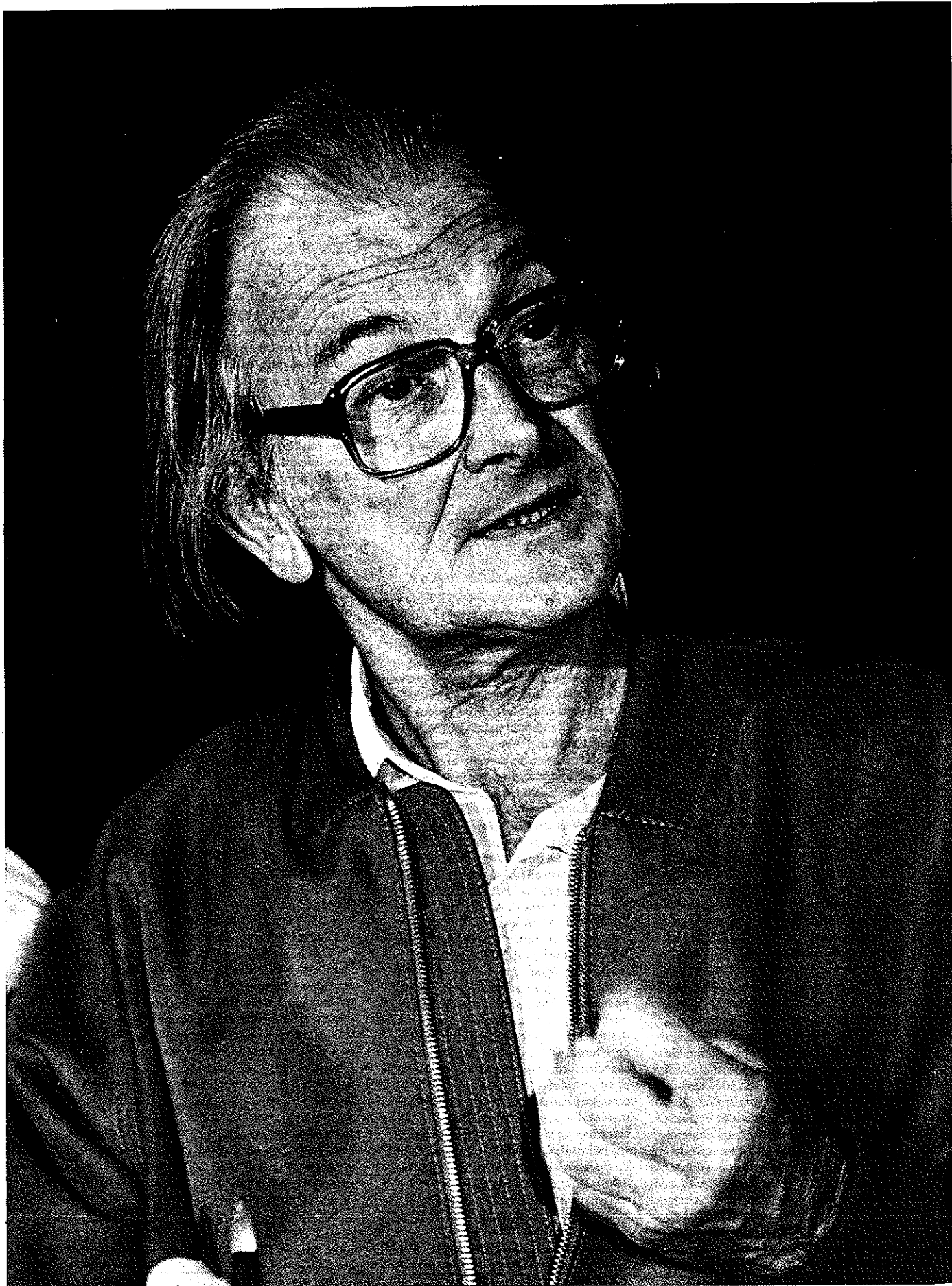
da fotossíntese e a estimativa da massa de árvores necessárias, oferece tremendas dificuldades, mas vem sendo tentada por autores como Norman Myers, da World Wild Life Foundation ou o próprio Marland. Dados preliminares permitem estimar que para absorver cinco bilhões de toneladas de carbono por ano (quantidade que é liberada, ao mesmo tempo, pela queima de combustíveis fósseis, sem considerar, portanto, o CO<sub>2</sub> liberado pela queima das próprias florestas tropicais), seria necessário plantar-se uma área aproximada de sete milhões de quilômetros quadrados ou o equivalente ao território de um país grande como o Brasil ou a Austrália; ou seja, uma área semelhante a toda a superfície de florestas tropicais que foi removida pelo homem desde que iniciou sua atividade agrícola há dez mil anos.

G.M. Woodwell, do Woods Hole Research Center, parece mais otimista ao comentar que, embora o desflorestamento venha sendo praticado hoje em uma proporção jamais atingida correspondendo de uma a três bilhões de toneladas de carbono por ano e que são liberadas na atmosfera, o acúmulo líquido atual é de três bilhões de toneladas/ano (incluindo o liberado pela queima de combustíveis fósseis) e que esta seria a quantidade que necessitaria ser removida para se obter a estabilidade da composição atmosférica a curto prazo; ou seja, constituindo o cessamento do desflorestamento a maior contribuição que se poderia desejar neste sentido. "O estabelecimento de florestas em cerca de dois milhões de quilômetros quadrados de terra, produzirá sobre grande parte da superfície terrestre, o armazenamento de aproximadamente um bilhão de toneladas de carbono por ano, durante o período no qual o carbono se acumula na floresta. Isso pode estender-se por 40 a 50 anos, dependendo da floresta", diz Woodwell.

Outro comentarista, Horst Hayer lembra que "um simples cálculo permite demonstrar que todo o CO<sub>2</sub> adicional introduzido pelos combustíveis fósseis poderia ser removido por um acréscimo de dois por cento na quantidade de fitoplancton no oceano" (sic).

Qualquer que seja, entretanto, a solução adotada, ela será apenas temporária, uma vez que o carbono acumulado durante o crescimento das plantas será mais cedo ou mais tarde, devolvido à atmosfera, seja por decomposição natural, seja pelo uso, como alimento, de animais (seguido de respiração e liberação de CO<sub>2</sub>), seja, enfim, pela queima novamente. A não ser que a matéria orgânica resultante seja enterrada, em substituição aos combustíveis fósseis que vêm sendo queimados...





## ENTREVISTA

# A filosofia de Lutzenberger

José Lutzenberger, 62 anos, gaúcho, já não se considera um Dom Quixote. Conhecido mundialmente como um dos mais destacados ecologistas da atualidade, é comum vê-lo distribuindo autógrafos em Porto Alegre, onde se tornou uma espécie de unanimidade local, principalmente após o Prêmio Nacional de Defesa da Natureza, concedido pela Federação de Entidades de Luta Ambiental, da Alemanha Federal (também conhecido como "Nobel Alternativo") e que ele ganhou por sua atuação na proteção do meio ambiente no ano passado. Em 1989, contudo, Lutzenberger iniciou o ano sob a impressão de um crime chocante: o assassinato do ecologista e líder camponês Chico Mendes. Pouco tempo antes, Lutzenberger participara de um filme com Chico Mendes para uma estação de TV inglesa. A fita, que tornou conhecida em toda Europa a luta dos brasileiros pela preservação da Amazônia, foi decisiva para a repercussão internacional do crime. Contra todas as expectativas dos mandantes deste tipo de assassinio (quase sempre impunes no Brasil), o filme acabou desencadeando uma campanha internacional que praticamente obrigou o governo brasileiro a uma ação, que normalmente morria nos escaninhos da Justiça brasileira. Para todos os efeitos, José Lutzenberger acha agora difícil que tais fatos se repitam com a mesma impunidade: a celeuma em torno do condicionamento dos empréstimos do Banco Mundial a um projeto de proteção da Amazônia por parte do governo, escancara, pela primeira vez dentro do próprio Brasil, uma questão que o Estado brasileiro, intencionalmente ou não, evitava discutir publicamente. Para José Lutzenberger, por isso tudo, os próximos anos serão decisivos para o futuro da floresta amazônica. Mas não apenas para o Amazonas; também para o mundo: como insiste em dizer na entrevista que se segue, concedida a Enio Squeff, para a revista *Ambiente*, a questão da proteção das florestas passa pela própria sobrevivência do planeta. "Daqui a 30 anos não haverá mais petróleo no mundo" — diz — "mas a se julgar pela inoperância das autoridades brasileiras e mundiais a questão nem sequer existe."

**Onde a solução?** Como se verá, Lutzenberger não radica apenas nos governos toda a responsabilidade pelo tratamento dado à questão ecológica. O problema teria muito a ver com toda uma visão de mundo: a religião e a filosofia não estariam muito distantes de um tema que até bem pouco parecia apenas técnico. É o que se depreende da entrevista que José Lutzenberger deu em sua casa em Porto Alegre.

*Ambiente* — Sr. José Lutzenberger, sabe-se que existem aspectos nas questões ambientais que quase sempre são omitidos. Referimo-nos ao processo filosófico que parece existir no Ocidente cristão e que talvez tenha muito a ver com os problemas ecológicos: qual a sua opinião a respeito?

*Lutzenberger* — Existe hoje uma consciência mais ou menos universal dos estragos que estamos cometendo na terra. Todo o mundo está preocupado com a devastação da Amazônia, mas quase ninguém se pergunta por que é que estamos fazendo isso. Entenda-se: não é só a Amazônia que está sendo devastada. Na Europa, por exemplo, as florestas estão morrendo de chuva ácida. Na Columbia Britânica, no Canadá, com plena aquiescência do governo, estão operando uma devastação tão brutal quanto na

Amazônia; e não apenas nesta região próxima de Seattle, mas também no próprio Estados Unidos. Portanto, a destruição está se dando tanto nas florestas temperadas, quanto nas úmidas; árvores com 170 metros de altura, dez metros de diâmetro, dois mil anos de idade, estão sendo simplesmente eliminadas da face da terra. Na British Columbia, o governo concede concessões de corte raso a firmas japonesas, escandinavas e outras. São cortadas árvores que se constituem em reais monumentos, não existe nada igual. São como as famosas "redwoods", aquelas sequóias da Califórnia que também não existem mais. E tudo para se fazer papel. Tive, a propósito, uma discussão recente, lá na região de Vancouver, com um engenheiro canadense. Disse-lhe que o que eles estavam fazendo era um absurdo, um sacrilégio. Af o cara me olhou e disse:

“Como é que o senhor usa uma linguagem religiosa, quando se trata de um assunto meramente técnico? Olhe, nós iremos plantar novas árvores, a produção de plantas será inclusive muito maior do que antes”. Ao dizer isso ele não se deu conta de que exatamente na sua atividade estava todo o âmago da questão. A moderna sociedade tecnológica olha para o planeta terra como um montão de recursos a serem esbanjados a bel-prazer dos homens. E quanto maior a eficiência no destruir, tanto mais nos sentimos tecnologicamente aparelhados. Em síntese: a resposta daquele engenheiro canadense era e é muito lógica; realmente a natureza não está dentro da nossa ética. Mas essa é exatamente a grande questão.

**Ambiente** — O senhor vê isso desde muito longe? Não lhe parece que a coisa viria desde o Iluminismo?

**Lutzenberger** — Não, isso, para mim, vem de muito antes. Acho que, no fundo, se trata de uma questão religiosa. Veja o caso do judaísmo. Havia todo um povo que fugia de uma escravatura atrás da outra, que estava à procura de um novo paraíso. Ora, nada mais normal, em função de todo aquele desespero, que os judeus concebessem um criador transcendental à natureza, um criador que por um capricho momentâneo resolveu criar o universo. E que criou a nós também. Para os judeus, era aquela figura de um velho de barba grande, uma coisa da mitologia até bastante bonita; mas toda essa mitologia teve um efeito extremamente grave: no momento em que se concebe um criador externo, transcendental, isso significa dessacralizar a natureza. Para nós, a natureza não é sagrada, ela é objeto, é coisa. Nas religiões anteriores ao judaísmo, isso não existia. No induísmo, no alienismo dos índios, no fetichismo dos africanos, não se concebe o conceito de um criador único. Entre eles, existem muitas maneiras de se ver o cosmos. Então nem é necessária a palavra “divino”. Tudo é divino, todos somos parte da divindade.

**Ambiente** — Vem daí que as duas crises do judaísmo, tais como o cristianismo e o islamismo, teriam seguido a mesma cartilha?

**Lutzenberger** — Sem dúvida. Tanto com Cristo quanto com Maomé a dicotomia Deus-Natureza continua existindo. Mas desde que se aceite que sejamos uma espécie de anjos, numa situação privilegiada, como únicos seres que são a imagem e semelhança de Deus, a natureza deixa de ser sagrada. E como o judaísmo tinha uma ética limitada entre Deus e os humanos, o cristianismo e o islamismo não fizeram diferente. Tanto para um judeu, como para um cristão ou mesmo para um islamita, a natureza não faz parte da sua ética. E isso me recorda a famosa frase de um filósofo budista que confrontando a sua visão de mundo com a cosmologia cristã, dizia nunca poder entender uma cultura em que fazer amor era pecado, ao passo que cortar uma árvore de cinco séculos de idade não significava absolutamente nada. Disso se deduz que não podemos reconhecer como um crime derrubar a Amazônia. Ou seja, quando muito isso pode ser um erro técnico, mas não um pecado. No entanto, ainda que não utilize a palavra pecado, para um índio é pecado, assim como é pecado para um induísta, para um budista.

**Ambiente** — Nisso tudo há também a questão do messianismo. Não lhe parece que radica no messianismo judaico-cristão toda uma tendência a impor ao mundo sua própria cosmovisão?



**Lutzenberger** — O cristianismo e o islamismo são, de fato, religiões messiânicas; mas o judaísmo não. O judeu bíblico estava à procura do paraíso perdido, o Canaã, a Terra prometida. Mas o Canaã era aqui mesmo, neste planeta. Já o cristianismo inventou a história de céu e inferno: no cristianismo medieval o mundo era um lugar ruim, e que tinha de ser ruim porque se tratava apenas de uma passagem, um “vale de lágrimas”. Daí que o indivíduo mais virtuoso era aquele que mais sofria, o que mais sacrifícios fazia, o que menos comia, etc. etc. Por isso, inclusive, os cristãos foram incrivelmente cruéis. Há um ano, a propósito, saiu na Alemanha um livro com cinco ou seis volumes contando só as atrocidades cometidas pelo cristianismo. Mas isso é até lógico: já que o mundo era um lugar de sofrimentos, nada mais razoável do que sofrer. Mais tarde, como se sabe, a cultura cristã perdeu a fé no céu e no inferno. Mas continuou achando que o mundo era ruim. Tanto é assim que para a sociedade industrial o mundo continua imperfeito — só que agora temos a chave para melhorá-lo, que é a tecnologia. E como, em essência, continuamos messiânicos, achamos que temos o sagrado direito de levar essa tecnologia a todos os lugares. Ouvi gente da Funai dizer, há vinte anos atrás, que o índio estava numa situação infra-humana por viver nu, no meio do mato; vinha daí que deveríamos trazê-lo para a sociedade de consumo. Mas os índios não pensam assim: eles sequer possuem palavras com que distinguiamos em nossa língua trabalho e recreação.

**Ambiente** — Essa, aliás, é uma reflexão que está em Marx: no socialismo do futuro recreação e trabalho serão praticamente inexistentes, como no que ele chama de “socialismo primitivo”...

**Lutzenberger** — Mas Marx foi cem por cento messiânico, muito pior até que os cristãos, pois ele postula leis históricas antropocêntricas. Marx endeuou a espécie humana; sob este aspecto, Marx foi um supercristão. Por isso também, a rigor e sob este ponto de vista, não há diferença alguma entre comunistas e anticomunistas: todas partilham da crença de que o mundo é imperfeito e que nós temos de arrumá-lo com a tecnologia. Essa é uma fé que a gente encontra nos Pinochet, nos Fidel Castro e nos generais brasileiros, em toda a parte. O ministro brasileiro que respondeu a uma oferta holandesa de ajuda financeira para preservar a Amazônia, dizendo que nós temos que nos desenvolver, defende que, ao derrubarmos as florestas, nós estamos levando o progresso para aquilo

que ele considera um "fim de mundo". Para este ministro, o boi significa mais progresso do que a floresta; depois, como se sabe, virão as estradas, as ferrovias, os aviões, os elevadores e assim por diante. Vivemos uma civilização em que não se pergunta sobre a felicidade das pessoas; se aos índios interessa ou não continuarem na floresta.

**Ambiente — Mas é possível reverter este processo?**

**Lutzenberger** — Tenho a impressão de que ele já está em reversão. A repercussão da morte de Chico Mendes é muito significativa. Certos setores têm hoje plena consciência de que a sociedade industrial moderna está numa via nitidamente suicida. Explico melhor: vivemos uma religião em que além de uma ética ultralimitada, tem virtudes invertidas. Todas as religiões e ideologias anteriores às atuais sociedades industriais modernas exigiam dos cidadãos sacrifícios pelo bem geral. No budismo esse sacrifício pode ser até pela natureza. Entre os índios ainda hoje se exigem uma vida cuidadosa, frugalidade e sacrifícios pelo bem geral. Mesmo em sociedades e ideologias abjetas, como na Alemanha de Hitler ou na Rússia de Stalin, exigiam-se dos cidadãos disciplina, frugalidade, sacrifícios etc. etc. Na sociedade industrial moderna pede-se o contrário: que o sujeito aumente o PIB, botando o carro velho fora, comprando isto e aquilo. Basta ver a televisão. Se eu conseguir esculhambar cinco carros novos por ano, estarei ajudando a economia do país, estarei produzindo mais Produto Interno Bruto. A moderna sociedade, ao invés de exigir frugalidade, sacrifício, impõe, pelo contrário, comportamentos orgiásticos; ela tem prioridades invertidas: é uma sociedade que, sem exageros, eu chamaria de diabólica. Hoje não se toma um único cafezinho que não seja num copinho de plástico para ser jogado fora. Sabe o que é isso? É retroação positiva. No entanto, todas as éticas anteriores tinham retroação negativa. Explico: a bola de neve é um processo no qual o comportamento é tal que ela promove uma reação que acelera esse comportamento; ou seja, a bola de neve começa a rolar pequena, à medida que rola, engrossa e na medida em que engrossa, ela tem de rolar mais e à medida em que ela rola, tanto mais ela engrossa. De forma que de repente ela se desintegra, formando aquelas avalanches gigantescas. Compare isso com o nosso comportamento econômico; quanto mais as coisas desandam, mais desastres vamos produzindo, porque devemos injetar mais recursos, ou seja, estão querendo dar mais neve e mais

**Hoje existe algo  
em torno de  
500 milhões de carros:  
se não é  
possível dar um carro  
para cada  
dois habitantes  
da terra, então  
o que estamos fazendo  
é imoral...**

montanha para a bola de neve. Só que é com menos recursos que poderemos salvar a situação e não com mais.

**Ambiente — Explique melhor esta história de "menos recursos".**

**Lutzenberger** — Façamos uma extrapolação simples: hoje possuímos algo em torno de 500 milhões de carros para cinco e meio bilhões de habitantes no mundo. Mas em países que se dizem desenvolvidos, como nos Estados Unidos, na Alemanha e na Holanda, há um carro para cada dois habitantes. Nos Estados Unidos é um carro para cada um e meio, incluindo-se aí os que não dirigem ainda, como as crianças, os velhos e os inválidos. Ora, o alvo do pensamento econômico é levar todo o mundo a essa situação. Os chineses pensam em chegar a isso; os sujeitos que querem destruir a Amazônia também. Digamos, para efeito de raciocínio que esse ideal seja alcançado. Neste caso, teríamos hoje cerca de três bilhões de carros, ou seja, dez vezes mais carros do que atualmente. É claro que não iríamos aguentar. Se hoje já temos desastres, distúrbios, congestionamentos, imagine-se com dez vezes mais. Ora, se não é possível dar um carro para cada dois habitantes da Terra, então o que estamos fazendo é imoral...

**Ambiente — Mas como enfrentar as grandes cidades, construídas especialmente para os automóveis, se não colocarmos esta como uma meta a ser alcançada?**

**Lutzenberger** — Por isso o sistema de bola de neve, que não tem futuro, que não pode ser alcançado.

**Ambiente — A propósito: e entidades assim como a Cetesb, qual o seu papel nisso tudo?**

**Lutzenberger** — A Cetesb, até o ponto que eu conheço, tem uma filosofia que se chama de "technical fix" em inglês; ou seja, dá-se um jeitinho para que tudo continue como está. A fábrica está poluindo? Vamos tentar despoluir ao máximo, sem, contudo, mexer na própria estrutura da fábrica, ou seja, não vamos fazer nada que se aproxime de soluções para que se façam carros que durem vinte anos. Não se questiona a filosofia básica. A Cetesb não questiona a sociedade de consumo. Assim também acontece com a Sema e com todos os órgãos que deveriam cuidar das reservas florestais, dos índios que vivem nas matas, e todo o resto. Todos querem que a máquina continue andando melhor, mais bem lubrificada. Mas não se questiona a máquina em si, essa "religião".

**Ambiente — Mas haveria como questioná-la?**

**Lutzenberger** — Claro, eu a estou questionando já há mais de vinte anos. O grande problema, porém, é a infraestrutura tenocrática e burocrática da qual ninguém escapa. Refiro-me a esse feudalismo sem ideologia que af está e que nos impinge tudo sem que sequer possamos ao menos saber o que ele quer. A sociedade industrial moderna, ao contrário do nazismo, do comunismo, do catolicismo, não tem uma ideologia explícita. São raras as coisas que são ditas claramente. O absurdo já começa no Produto Interno Bruto. Ninguém contesta quando os economistas dizem que devemos crescer. Só que o Produto Interno Bruto é a soma de todos os faturamentos. Isso quer dizer o seguinte: se um avião cai, há todo um movimento de dinheiro que resulta no aumento do PIB, pois nele se contabilizam todos os custos de um novo avião, o faturamento das funerárias e assim por diante. O mesmo se dá em relação aos terremotos; todas as hecatombes contribuem para o PIB de um país. Se uma indústria causa tremenda poluição e se logo depois tem de fazer investimentos para controlar essa mesma poluição isso aumen-

ta o Produto Interno Bruto. Em resumo: se nos tornássemos mais saudáveis, a ponto de prescindirmos de mais médicos, mais hospitais, mais enfermeiras, mais farmácias, tanto mais a economia sofreria com isso. Dou outro exemplo: digamos que uma mãe resolva entregar seus filhos a outra mãe para que ela os cuide; e que esta, por sua vez, entregue os seus para a primeira e que nesta troca, cada uma pague para a outra a quantia de 500 dólares. No frigidar dos ovos, só há uma troca de dinheiro, mas para a economia do país houve um aumento de nível de emprego e, para o PNB (Produto Nacional Bruto), houve um aumento de mil dólares: as contas bancárias, afinal, estão se movimentando. Mas, na verdade, houve um aumento da infelicidade também, pois as duas crianças agora estão infelizes, pois cada uma delas está com a mãe errada. Dou outro exemplo: o tipo de inquirição que me fazem e você não está fugindo da regra, refere-se a categorias como cientificismo, economicismo e outras. Vejo nisso tudo uma tremenda falácia. No atual estágio das ciências, uma disciplina é tão mais científica, quanto mais matemática ela usa. Vem daí que um físico que usa a matemática, estaria no topo da escala científica. Os astrónomos estariam na mesma categoria. Já o biólogo que usa muito pouca matemática, é considerado um cientista não muito exato. Agora, se chegarmos aos ornitólogos e aos psicólogos, aí os cientistas já os olham meio assim de lado. Enfim, quanto mais matemática, mais *status* possui uma determinada ciência. É então que entra a economia: não há dúvida de que os economistas querem ser científicos. Mas desde quando economia é ciência? Economia é disciplina social, tem a ver com distribuição de riqueza. Tome o caso das ciências naturais. Quando se fala em metro, por exemplo, todos sabemos que ele foi muito bem definido como um décimo milionésimo da distância do pólo ao Equador. Os economistas também falam muito na matemática. Mas quais são as unidades de medida que eles usam? O cruzado, o marco, o dólar. Mas que é isso, que é dinheiro? O dinheiro é um contrato social. Se eu tenho uma nota de cem dólares, isso significa que eu posso pedir ao bodegueiro da esquina que ele me dê tal coisa e ele então vai me dar; mas se eu não tiver o tal dinheiro, então ele não me dá. Com outras palavras, temos um caso concreto de contrato social anônimo e indefinidamente divisível. E isso é uma coisa fundamentalmente diferente de um quilo.

#### **Ambiente — Por quê?**

**Lutzenberger** — Porque um metro é uma coisa totalmente bem definida: é uma distância definida em termos de outra distância. Mas que é um dólar? O dólar de hoje, não é o dólar de ontem. Com um "volt" eu posso medir tensões, com o "ampère" só posso medir fluxo, com "watts" só posso medir energia, não potência, com quilovate, energia e assim por diante. Agora, com cruzados eu meço maçãs, gatos, cachorros, edifícios, salários, juros, mil coisas. Pergunto: como é que eu vou fazer matemática pura em cima destas coisas? Ora, isso é uma falácia. Quando os economistas medem o PNB, está tudo incluído, desde o meu salário, ao lápis, ao gravador, a tudo. E aqui temos um problema gravíssimo: o dinheiro permite quantificar certas coisas não outras. Há pouco, um livro meu foi editado na Alemanha. Vendi algo em torno de 50 mil livros. Se eu os multiplicar por 20 marcos, é muito dinheiro. Mas e daí? Como quantificar felicidade, amor, alegria, exatamente as coisas mais importantes da vida? Ora, desde que essas coisas não sejam quantificáveis, os economistas não se preocupam com elas. Mas



então só me resta concluir que tanto os economistas quanto os políticos fazem uma matemática tão absurda, que no fundo nada do que eles dizem resulta em coisa alguma. Quando digo que nas modernas sociedades industriais não existem diferenças entre o comunismo e o capitalismo, é porque ambos são tecnocráticos, fazem parte da mesma seita religiosa. Na verdade, se a moderna sociedade industrial fosse materialista como os religiosos insistem em dizer, talvez conhecêssemos os limites bem claros das coisas. Dou um exemplo concreto: quando o Daniel Keith Ludwig começou aquele projeto Jari, lá na Amazônia, ele já tinha mais de setenta anos. Portanto, ele tinha uma expectativa de vida de, no máximo, dez anos. Era um homem que tinha uma fortuna que se avaliava em torno de 10 bilhões de dólares. Ele não tinha como avaliar o próprio dinheiro; e parece que levava uma vida bem frugal. Dizem que não cultivava qualquer luxo, trabalhava duro o dia inteiro. No entanto, ele foi para a Amazônia, adquiriu um milhão e meio de hectares de terra, tentou pegar mais cinco milhões de dólares para fazer ainda mais dinheiro. Por quê? É uma abstração. Ele queria números em livros, nada mais. Na verdade não somos materialistas, não. Somos antes abstracionistas. Se fôssemos materialistas — oxalá fôssemos materialistas — o Brasil seria a coisa mais linda do mundo. Cada um de nós teria o seu belíssimo jardim, cada qual mais lindo e uma varanda fresca, com redes de todos os tamanhos, trabalharíamos o mínimo possível e gozaríamos a vida. Que dizer do executivo que se mata trabalhando para fazer mais capital e que morre do coração ainda moço? Realmente somos uma religião diabólica com atitudes invertidas e irracionais. Veja o sujeito da UDR, esse fazendeiro típico de São Paulo; ele já tem uma fazenda de cinco a seis mil alqueires em seu Estado. No entanto, adquire uma outra de cinquenta mil no Pará, derruba florestas e bota boi em cima. Pra quê? Ele já tem demais em São Paulo. Mas com isso tem de andar de avião de lá para cá, tem mais riscos para morrer de infarto ou de um acidente aéreo. Mesmo assim, ele persevera. Lembra uma tribo da África: na África Central há uma tribo em que quanto mais bois o sujeito tiver, mais *status* ele ostenta. Se tem cinquenta bois, todos morrendo de fome, melhor. Mas se tivesse menos, teria uns boizinhos até gordos etc. e tal. Mas tanto lá quanto aqui o que conta é a abstração...

#### **Ambiente — Marx chamava isso de alienação...**

**Lutzenberger** — É exatamente isso, alienação. Somos a cultura mais alienada que já houve na face da terra.

# A semente aérea na Serra do Mar em Cubatão

Sérgio Luís Pompéia<sup>1</sup>  
Dione Zangelmi Abrahão Pradella<sup>1</sup>  
Suzana Ehlin Martins<sup>2</sup>  
Ricardo Cardoso dos Santos<sup>3</sup>  
Katia Maria Diniz<sup>4</sup>

**RESUMO** Em virtude da necessidade de se revegetar extensas áreas das escarpas da Serra do Mar, degradadas pela poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão — SP, desenvolveu-se um modelo de revegetação, baseado na sucessão secundária natural de áreas do domínio da Mata Atlântica.

Dentre as espécies pioneiras e de sucessão secundária que ocorrem na região de Cubatão, foram selecionadas 39 espécies resistentes ou tolerantes à poluição atmosférica, pertencentes aos estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo, e adaptadas aos diferentes nichos existentes no local. Estudos de dispersão, germinação e estabelecimento de mudas em campo e em laboratório demonstraram que tais espécies apresentam grande aptidão para revegetação por semente aérea.

Devido ao reduzido peso das sementes (inferiores a 1mg) e para viabilização da semente por via aérea, que apresenta maior rendimento e melhor cobertura em regiões acidentadas, desenvolveu-se um método de pelotização das sementes utilizando gel hidrofílico, visando otimizar sua proteção, germinação, seu acesso e fixação ao solo.

Nos meses de fevereiro e abril de 1989 foram realizados plantios aéreos em 15km<sup>2</sup> da Serra do Mar, através de helicópteros e aviões agrícolas, que resultaram no lançamento de 750 milhões de sementes. Para a estação chuvosa de 1989/90 prevê-se a semente aérea em mais 45km<sup>2</sup> de áreas degradadas.

**Palavras chave:** Semente aérea, recuperação florestal, Mata Atlântica, pelotização, Cubatão.

**ABSTRACT** Due to the necessity to revegetate extensive areas on the coastal mountain region (Serra do Mar) degraded by the atmospheric pollution from the industrial complex in Cubatão, São Paulo, a model of revegetation based on the natural secondary succession of the areas covered by the Atlantic brush (Mata Atlântica) was developed.

Among the pioneer species, also of the secondary succession, which occurs in the Cubatão area, 39 atmospheric pollution resistant species, belonging to the herbaceous, arbustive and arboreal strata and adapted to the different habitats existing on the site, were selected. Studies on the dispersion, germination and establishment of sprouts in the field and in the laboratory, demonstrated that these species are well-suited to the aerial seeding revegetation.

Because of the reduced seed weight (less than 1 mg) and in order to promote aerial seeding which is more efficient and covers a broader area in that uneven topography possible, a method of making seed pellets using hydrophilic gel was developed to optimize the protection, germination and fixation in the soil of the sprouts.

During the months of february and april, 1989, 15 square kilometers of the Serra do Mar were seeded using helicopters and agricultural airplanes with 750 million of seeds. A seeding of 45 square kilometers has been planned for the 1989/90 rainy season.

**Key words:** aerial seeding, forest recuperation, Mata Atlântica, pellets, Cubatão.

**A emissão atmosférica de poluentes em Cubatão, nos últimos 30 anos, tem provocado profundas alterações nos ecossistemas da Serra do Mar em torno do seu pólo industrial, que reúne 23 complexos dos setores de petroquímica, siderurgia e fertilizantes.**



Os poluentes fitotóxicos, especialmente os fluoretos, encontrados em abundância nas emissões das indústrias locais, provocaram gradativamente a morte da vegetação arbórea.

Em consequência, o equilíbrio das escarpas da Serra foi rompido, especialmente na região da retaguarda do pólo industrial e no Vale do Rio Mogi, em função das correntes de ventos que carregam os poluentes no sentido litoral-planalto durante as horas do período diurno.

1 Engenheiros Agrônomos da Cetesb de Laboratório

2 Analista de Saneamento Ambiental da Cetesb

3 Engenheiro Agrônomo

4 Técnica

Este cenário contribuiu para o acelerado processo de degradação das escarpas da Serra do Mar, pondo em risco áreas industriais e urbanas da região em decorrência dos processos erosivos representados predominantemente por inúmeros escorregamentos de terra. Como forma de frear estes processos tornou-se necessária, além do efetivo controle da poluição atmosférica, a recuperação da cobertura vegetal como forma de restabelecer o equilíbrio das escarpas através da ação mecânica das raízes (Mendonça *et alii*-1988, Silva Filho *et alii*-1988a) e da regularização do balanço hídrico do solo (Macedo *et alii* - 1988).

Neste sentido, várias pesquisas foram realizadas nos últimos 5 anos visando medidas de recuperação da cobertura vegetal. Inicialmente, foram introduzidas nos escorregamentos gramíneas do gênero *Brachiaria*, através de semeadura a lanço (por iniciativa das indústrias locais). Em 1986, o Instituto de Botânica iniciou o replantio manual de espécies nativas, além de realizar uma série de intervenções no solo das ravinas (escorregamentos) que propiciaram a regeneração natural da vegetação (Bononi *et alii* - 1988, Silva Filho *et alii* - 1988b).

Como resultado de pesquisas sobre a vegetação resistente e tolerante à poluição atmosférica em Cubatão (Pompéia *et alii* - 1987, 1988a, 1988b), levantamentos de espécies arbóreas mortas pelos poluentes (Aidar *et alii* - 1987, 1988a, 1988b), estudos de sucessão secundária em ravinas (Gaeta - 1987, 1988 e 1989) e de degradação da vegetação na região (Pompéia *et alii*-1988c), foi elaborado um modelo de recuperação da cobertura vegetal baseada na chuva de sementes de espécies pioneiras e secundárias iniciais, resistentes aos poluentes atmosféricos de Cubatão (Pompéia *et alii* - 1988d).

Com base neste modelo, propôs-se a semeadura aérea de plantas nativas das primeiras fases de sucessão secundária natural da região impactada, objeto deste trabalho, tendo sido realizada a 1.ª etapa do plantio experimental nos meses de fevereiro e abril de 1989.

### Modelo de Recuperação da Cobertura Vegetal

A recuperação de comunidades vegetais de ecossistemas tropicais tem sido realizada, em geral, com base no plantio de mudas de espécies arbóreas produzidas em viveiros e transplantadas para o campo quando atingem

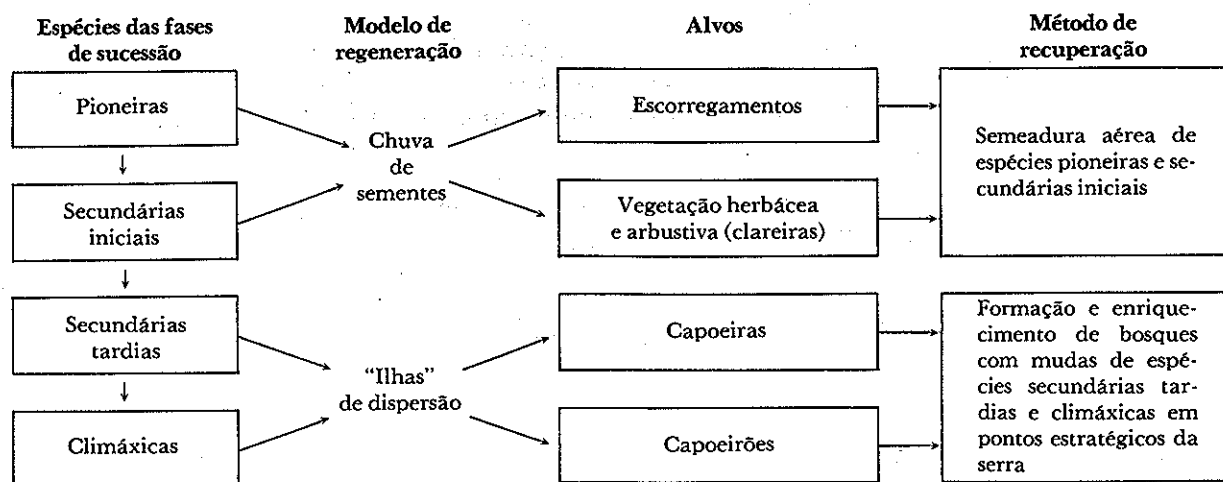
um tamanho que permita sua sobrevivência em condições mais adversas. No domínio da Mata Atlântica, as primeiras tentativas de recuperação de florestas e áreas da Serra do Mar datam do século passado, quando o Major Archer, por ordem do imperador, iniciou, em 1866, o reflorestamento do atual Parque da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro, onde foram utilizadas espécies nativas e plantas exóticas provenientes de regiões tropicais da Ásia, África e América Central (MARTINS, 1966; ATALA, 1966).

Desde então, a maioria das iniciativas de reflorestamento e/ou recuperação de áreas degradadas se deu utilizando-se mudas de espécies ativas ou exóticas sendo, neste caso, comum a utilização de espécies *Eucalyptus*.

Mais recentemente, têm surgido modelos de reflorestamento de áreas degradadas baseados na dinâmica de populações florestais colonizadoras, pois "possuem grande potencial de colonização e rápido crescimento", aumentando a viabilidade econômica da recuperação (VIANA, 1987). O presente modelo baseia-se na utilização de espécies típicas das capoeiras da Mata Atlântica, constituindo-se a fase inicial da sucessão secundária desse complexo ecossistema (figura 1). Numa fase posterior, através de bosques implantados formados por espécies secundárias tardias e climáticas, será possível dar prosseguimento à sucessão através da dispersão natural das sementes destas espécies, de natureza mais umbrófila, que encontrarão sob as capoeiras, o ambiente adequado ao seu desenvolvimento.

Segundo KELLMAN (1980), citado por VIANA (1987), existem três fontes de propágulos para a colonização de uma clareira: o banco de sementes do solo, a chuva de sementes e os tocos. Estas três fontes estão presentes nas áreas poluídas da Serra do Mar, podendo ser citados como exemplos comuns o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) no primeiro caso e as figueiras (*Ficus spp*) no 3.º caso. Entretanto, a estratégia de dispersão da grande maioria das espécies pioneiras da Serra do Mar é a chuva de sementes. Nas áreas de escorregamentos, por exemplo, a regeneração "será tanto maior quanto mais intensa for a chuva de sementes" (VIANA, 1987). Desta forma o método aqui adotado para a recuperação da Serra do Mar próximo a Cubatão, onde é grande o número de escorregamentos e de extensas clareiras, foi a semeadura aérea de espécies pioneiras e secundárias iniciais (figura 1).

Figura 1 - Modelo de recuperação da cobertura vegetal da Serra do Mar



### Seleção das Espécies

Seleção das espécies para a realização da chuva de sementes sobre a Serra baseou-se nos seguintes critérios:

1. Ocorrência natural na região considerada
2. Distribuição nos estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo
3. Alto potencial de dispersão
4. Alto poder de germinação
5. Rápido desenvolvimento
6. Alta agressividade na ocupação da área considerada
7. Resistência à poluição atmosférica
8. Disponibilidade de sementes para coleta na região

Com base em levantamentos realizados em aproximadamente 300km<sup>2</sup> da Serra do Mar e Baixada Santista, foram selecionadas 39 espécies de samambaias, arbustos e árvores naturais da região, relacionadas na tabela 1.

### Coleta e Beneficiamento de Esporos e Sementes

No período de setembro de 1988 a março de 1989 procedeu-se à coleta de esporos de samambaias e sementes das espécies selecionadas destinadas à 1.ª etapa da semeadura aérea. A região explorada para as coletas abrangeu as matas existentes nos vales dos rios Mogi, Quilombo, Jurubatuba, Perequê, Cubatão e Pilões e também capoeiras da Baixada Santista e do topo da Serra do Mar, totalizando cerca de 300km<sup>2</sup>.

A coleta foi realizada por uma equipe de 10 mateiros, tendo como produto do trabalho realizado no período de 6 meses, 40kg de esporos de samambaias e aproximadamente 750 milhões de sementes de árvores e arbustos.

O beneficiamento do material coletado foi realizado segundo sua natureza, conforme é descrito a seguir:

Tabela 1 - Espécies utilizadas na semeadura da Serra do Mar

	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR	HÁBITO	
PTERIDÓFITAS (SAMAMBAIAS)	Adiantaceae	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	Samambaia	erva terrestre	
	Blechnaceae	<i>Blechnum brasiliense</i>	Samambaia	erva terrestre	
		<i>Blechnum serrulatum</i>	Samambaia	erva terrestre	
		<i>Blechnum unilaterale</i>	Samambaia	erva terrestre/epífita	
	Cyatheaceae	<i>Trichipteris atrovirens</i>	Samambaia	arborescente	
Davalliaceae	<i>Nephrolepis of bisserata</i>	Samambaia	erva terrestre		
FANERÓGAMAS (ÁRVORES E ARBUSTOS)	Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Clidemia neglecta</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra australis</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra barbinervis</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra cardiophylla</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra hirtella</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra mosenii</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra niangaeformis</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra quinquentata</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Leandra refracta</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Miconia candolleana</i>	Vassoura	árvore pequena	
		<i>Miconia chamissois</i>	Jacatirão	arbusto ou árvore pequena	
		<i>Miconia dodecandra</i>	Jacatirão	arbusto	
		<i>Miconia inaequidens</i>	Jacatirão	arbusto	
		<i>Miconia minutiflora</i>	Jacatirão Preto	árvore	
		<i>Miconia theaezans</i>	Jacatirão	arbusto ou árvore pequena	
		<i>Ossaea humilis</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Ossaea retropila</i>	Pixirica	arbusto	
		<i>Tibouchina holosericea</i>	Orelha de Onça	arbusto	
		<i>Tibouchina granulosa</i>	Quaresmeira	árvore	
		<i>Tibouchina mutabilis</i>	Manacá da Serra	árvore	
		<i>Tibouchina pulchra</i>	Manacá da Serra	árvore	
		<i>Tibouchina sellowiana</i>	Quaresmeira	arbusto ou árvore pequena	
		<i>Tibouchina semidecandra</i>	Quaresmeira	arbusto	
		<i>Tibouchina trichopoda</i>	Quaresmeira	arbusto ou árvore pequena	
		Moraceae	<i>Cecropia sp</i>	Imbaúba	árvore
			<i>Ficus luschnathiana</i>	Figueira	árvore
			<i>Ficus pulchella</i>	Figueira	árvore
			<i>Ficus sp</i>	Figueira	árvore
		Piperaceae	<i>Piper cernuum</i>	Pimenta-de-Morcego	arbusto
			<i>Piper dilatatum</i>	Pimenta-de-Morcego	arbusto
			<i>Piper sp</i>	Pimenta-de-Morcego	arbusto
		Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	Urtiga Mansa	arbusto



1. Esporos de samambaias: as frondes férteis coletadas foram colocadas a secar ao sol sendo posteriormente batidas sobre lona plástica. O material recolhido, após peneiramento para eliminação de impurezas, foi acondicionado em sacos plásticos de 5kg.

2. Frutos tipo baga: os frutos provenientes das espécies de Leandra, Miconia, Ossaia e Clidemia foram macerados em água, peneirados para a eliminação da polpa, secos em estufa e, posteriormente, tiveram as impurezas (casca e bagaço) eliminados por ventilação.

3. Frutos tipo cápsula: os frutos de Tibouchina spp foram secos ao ar sobre lona plástica soltando naturalmente as sementes, sendo estas submetidas a peneiramento mecânico, para eliminação das impurezas.

4. Frutos tipo aquênio esicônio: os frutos de Bohemeria

foram coletados e selecionados manualmente. Os frutos de Ficus foram secos e macerados em peneira grossa, sendo o produto novamente peneirado em malhas mais finas para a eliminação das impurezas.

5. Frutos tipo espiga: as sementes de Cecropia e Piper foram extraídas das espigas manualmente, após a secagem dos frutos ao sol.

Os lotes de sementes destinados à semeadura foram submetidos a testes de germinação, visando ao controle de qualidade do produto.

Na tabela 2, encontram-se dados sobre os testes de germinação realizados juntamente com o Laboratório de Sementes Florestais do Instituto Florestal, com as nove espécies mais abundantes, que confirmam seu alto poder germinativo (Pradella et al, 1989).

Tabela 2 - Poder germinativo de sementes de espécies nativas destinadas à recuperação da cobertura vegetal da Serra do Mar em Cubatão.

Sementes com medidas inferiores a 1mm de largura.

Espécie	Número de repetições	Massa de sementes por repetição g	Poder germinativo (número de plântulas por grama de sementes)	
			Média	Desvio padrão
Leandra sp.	4	0,1	4 462	415,42
Leandra quinquentata	4	0,1	4 165	—
Miconia sp	4	0,1	2 957	380,56
Miconia candolleana	4	0,1	3 297	91,06
Piper dilatatum	4	0,1	2 155	565,83
Tibouchina granulosa	4	0,1	750	82,46
Tibouchina holosericea	4	0,1	29 645	998,55
Tibouchina mutabilis	1	0,1	2 955	179,35
Tibouchina pulchra	4	0,1	4 722	282,53

### Pelotização de Sementes

As sementes provenientes das espécies selecionadas, dispersas em sua maioria pelo vento, aves e morcegos, apresentam tamanho e peso extremamente reduzidos (tabela 3) (Pradella, et alii, 1989). Para viabilizar seu lançamento por via aérea, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma técnica capaz de aumentar o peso e o volume destas sementes de forma a impedir a dispersão a longas distâncias pelo vento e evitar sua retenção na vegetação existente nas áreas degradadas.

Das pesquisas realizadas neste sentido, resultou uma técnica de pelletização de sementes desenvolvida pela CETESB e o Agrupamento de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT, utilizando, como matéria-prima, géis hidrofílicos (Abrahão et al, 1989). Tal processo mostrou-se eficiente e barato quando comparado a outras técnicas de pelletização que utilizam turfa ou caulim como matéria-prima. Na tabela 4 são relacionadas as vantagens e desvantagens da técnica desenvolvida e na tabela 5 pode-se observar os ganhos qualitativos obtidos com a pelletização das sementes.

### Semeadura Aérea

Para o período chuvoso de 1988/89, foi realizada a semeadura aérea em uma área de aproximadamente 15

km<sup>2</sup>, considerada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT como de maior risco de escorregamento, abrangendo a bacia do Rio Mogi (Subbacias atrás das indústrias Últrafértil e Copebrás) e Bacia do Rio Cu-

Tabela 3 — Medição e pesagem de sementes de algumas das espécies utilizadas na semeadura aérea

Espécie	Diâmetro (mm)	Peso Médio de 10 sementes (mg)
Bohmeria caudata	3,29	0,10
Cecropia sp	2,27	1,10
Ficus luschnatiana	1,77	0,33
Leandra mosenii	0,79	0,03
Miconia candolleana	0,77	2,74
Piper cernuum	2,45	2,70
Tibouchina mutabilis	0,45	0,10

Tabela 4 — Vantagens e desvantagens da técnica de pelotização de sementes em gel hidrofílico

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta capacidade de retenção de água</li> <li>2. Alta capacidade de retenção de íons</li> <li>3. Transparência à luz possibilitando a quebra de dormência de sementes fotoblásticas positivas e a realização de fotossíntese pela plântula</li> <li>4. Permeabilidade satisfatória aos gases, permitindo a respiração e fotossíntese da plântula</li> <li>5. Proteção mecânica às sementes</li> <li>6. Processo suave de fabricação sem envolver extremos de temperatura, pressão mecânica ou dessecação</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Queda do poder germinativo das sementes após 30 dias da pelotização</li> <li>2. Limitações quanto ao armazenamento</li> <li>3. Limitações para pelotização de sementes de tamanho superior a 1mm de diâmetro, sendo inviável para sementes com diâmetro superior a 3mm</li> <li>4. Necessita de alta umidade no solo durante a fase inicial de germinação</li> </ol>

Tabela 5 — Comparação entre sementes "in natura" e pelotizadas em gel hidrofílico

Característica	Sementes "in natura"	Sementes pelotizadas
Maior diâmetro	2,0mm	3,0 - 4,0mm
Peso/unidade	1,0mg	30 a 100mg
Fonte de nutrientes	Material de reserva	Material de reserva + sais minerais da pelota
Teor de água	15%	98%
Aderência à vegetação	Alta	Baixa
Pré-germinação de sementes	Inviável	viável
Potencial para inoculação de microorganismos	Baixa	Alto
Semeadura aérea	Inviável	Viável

batão (Subbacias do Rio Perequê e atrás da Refinaria Arthur Bernardes). Para o período chuvoso de 1989/90, está previsto o replantio de 45 km<sup>2</sup> no restante da Bacia do Rio Mogi e na Serra do Morrão (figura 2)

A primeira etapa da semeadura aérea foi realizada em duas campanhas. A primeira com duração de 10 horas, nos dias 15 e 16 de fevereiro, utilizando-se helicóptero tipo Esquilo, da FAB — Força Aérea Brasileira, e a segunda campanha com duração de 6 horas nos dias 13, 14 e 18 de abril, utilizando-se um avião agrícola Ipanema, equipado com semeador Tretaer.

A 2.<sup>a</sup> etapa está prevista para o período de novembro/89 a janeiro/90.

Durante a 1.<sup>a</sup> etapa de replantio foram lançadas um total estimado de 750 milhões de sementes de árvores e arbustos em seis toneladas de pelotas. Na 1.<sup>a</sup> campanha, realizada em fevereiro, lançou-se cerca de 300 milhões de sementes por helicóptero, predominantemente em escorregamentos e áreas revestidas por gramíneas. Na 2.<sup>a</sup> campanha, em abril, foram lançados os restantes 450 milhões de sementes por avião agrícola, recobrando toda a extensão das áreas degradadas.

Nos dois plantios foram adicionados às sementes pelotizadas aproximadamente 40 kg de esporos de samambaias.

Para a 2.<sup>a</sup> etapa do replantio, a se realizar no final de 1989, está previsto o lançamento de aproximadamente dois bilhões de sementes, utilizando-se somente aviões agrícolas.

### Monitoramento do plantio

O monitoramento do plantio aéreo e do crescimento vegetal está sendo realizado em três fases:

1.<sup>a</sup> Fase: em campo durante a semeadura aérea, ocasião em que é determinada a densidade de pelotas por metro quadrado e sua germinação em laboratório.

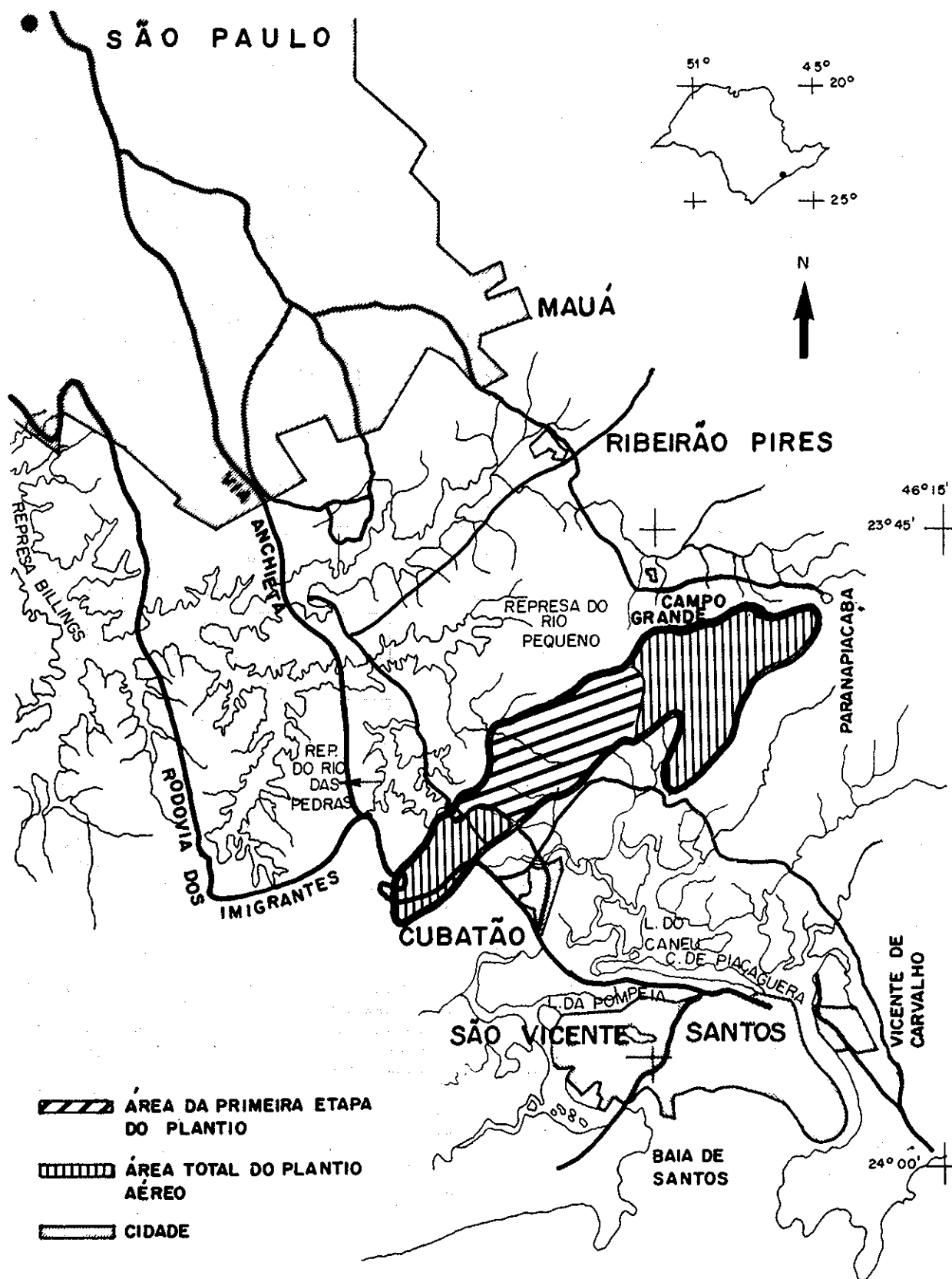
2.<sup>a</sup> Fase: em campo durante os dois primeiros anos após o plantio, através da contagem e medida das plantas nascidas.

3.<sup>a</sup> Fase: em laboratório, através da fotointerpretação de fotos aéreas em infravermelho falsa cor, após cinco anos do plantio, comparando-as com o levantamento atual.

### Avaliação dos resultados obtidos na 1.<sup>a</sup> Etapa de replantio

Até a realização do presente trabalho (maio de 1989) foi executada a 1.<sup>a</sup> fase do monitoramento, onde avaliou-

Figura 2 — Localização das áreas de plantio aéreo



se a densidade de pelotas por área no momento da semeadura e a germinação das sementes pelotizadas recolhidas no campo nos dias de plantio.

Quanto à densidade de pelotas, obteve-se uma média de 400 a 600 unidades/m<sup>2</sup>, para a semeadura por helicóptero, e de 100 a 200 unidades no plantio por avião agrícola.

Quanto à germinação das pelotas recolhidas por ocasião do plantio, obteve-se, em condições controladas em laboratório — umidade do ar de 90 a 100% e temperaturas de 20 a 30°C — um índice médio de germinação de aproximadamente 80%, considerado satisfatório.

A 2.ª fase do monitoramento, que é realizada em campo, foi iniciada com a demarcação de sete parcelas em condições diversas de solo, vegetação e altitude, onde trimestralmente são realizadas fotografias da superfície e, semestralmente, são contadas e medidas as plantas nascidas.

### Agradecimentos

Pela colaboração prestada os autores agradecem;

— Ao Engenheiro Químico José Geraldo C. Pradella do Agrupamento de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

— À Força Aérea Brasileira — Base Aérea de Santos (4.º COMAR)

— Às Equipes:

• Setor de Pesquisa e Recuperação de Ecossistemas (DTAE — Cetesb)

• Setor de Ensaios de Materiais (NAME — Cetesb)

• Setor de Apoio a Sistemas de Tratamento (DTEA — Cetesb)

• Laboratório de Sementes Florestais da Divisão de Dasonomia do Instituto Florestal

• Divisão de Fitotaxonomia do Instituto de Botânica

• Mateiros da MOSCA — Controle de Pragas e Saneamento Ltda.

### Bibliografia

ABRAHÃO, D.Z. et al *Pelotização de sementes de espécies nativas em gel hidrofílico*. In: Congresso Nacional de Botânica, XL. (não publicado). Cuiabá, 1989.

AIDAR, M. P.M. & POMPÉIA, S.L. *Morte de espécies arbóreas no Vale do Rio Quilombo, Santos — SP, por efeitos de poluentes atmosféricos*. In: Congresso Nacional de Botânica, XXXVIII. Resumos, São Paulo, USP, 1987, p. 231.

AIDAR, M.P.M.; POMPÉIA, S.L.; CHIMÉLO, J.P. *Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis a poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão*. In: Congresso Nacional de Botânica, XXXIX. Resumo I, Belém, MCT/CNPQ — Museu Paraense Emílio Goeldi, 1988 a., p. 428.

*Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis à poluição atmosférica do Polo Industrial de Cubatão*. Relatório Técnico, São Paulo, Cetesb, 1988 b, 122 p.

ATALA, F. *Histórico*. In: Centro de Conservação da Natureza. Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, 1966.

BONONI, V.L.R. et al *Recomposição da vegetação da Serra do Mar, Cubatão, SP*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988, p. 82-87.

Cetesb. *Ações para restaurações da Serra do Mar*. São Paulo, Cetesb, 1985, 24p.

GAETTA, M.M. et al *Aspectos fitossociológicos da vegetação da Serra do Mar degradada pela poluição de Cubatão —*

*SP*. In: Congresso Nacional de Botânica, XXXVIII. Resumos, São Paulo, USP, 1987, p. 226.

*Aspectos fitossociológicos da vegetação da Serra do Mar degradada pela poluição*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988, p. 147-154.

*Estudo fitossociológico em vegetação de ravina da Serra do Mar degradada pela poluição atmosférica em Cubatão, SP*. Relatório Técnico. São Paulo, Cetesb, 1989, 35p. (no prelo).

KELLMAN, M.C. *Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary successions*. Biotropica 12, 1980. (suppl): 34-39.

MACEDO, E.S.; CERRI, L.E.; AUGUSTO FILHO, O. *O papel desempenhado pelas vegetações natural e alterada nas características hidrológicas e geotécnicas da Serra do Mar*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988, p. 76-81.

MARTINS, H.F. *Flora*. In: Centro de Conservação da Natureza. Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, 1966.

MENDONÇA, R.R.; SINISGALLI, P.A.A.; GAETA, M.M. *Determinação da influência do sistema radicular no processo de estabilidade das encostas da Serra do Mar — Estudo de caso*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988, p. 82-87.

POMPÉIA, S.L. et al *Plantas da Serra do Mar resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão*. In: Congresso Nacional de Botânica, XXXVIII. Resumos, São Paulo, USP, 1987, p. 229.

*Levantamento de espécie vegetais resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão*. Relatório Técnico. São Paulo, Cetesb, 1988 a, 18 p.

*Plantas da Serra do Mar resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988, b, p. 142-146

POMPÉIA, S.L.; AIDAR, M.P.M. *Alterações na comunidade vegetal da Serra do Mar em Cubatão — SP, decorrentes da poluição atmosférica*. In: Reunião Anual SBPC, 40. Resumos, São Paulo, 1988, c, p. 670.

POMPÉIA, S.L.; AIDAR, M.P.M.; ABRAHÃO, D.Z.; SANTOS, R.C.; MARTINS, S.E. *Modelo de recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas da Serra do Mar*. In: Reunião Anual SBPC, 40. Resumos, São Paulo, SBPC, 1988 c, p. 670.

PRADELLA, D.Z.A. et al *Avaliação do poder germinativo de sementes de espécies nativas destinadas à recuperação da cobertura vegetal da Serra do Mar em Cubatão, SP*. Relatório Técnico. São Paulo, Cetesb, 1989, 20p. (no prelo).

SILVA FILHO, N.L.; PINTO, M.M.; HANASHIRO, S.E. *Recuperação de áreas degradadas da Serra do Mar I. A emissão de raízes adventícias como fator de estabilização da encosta*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988 a, p. 157.

SILVA FILHO, N.L. et al *Trabalhos de recomposição da vegetação de um trecho degradado da Serra do Mar, Cubatão — SP*. In: Seminário de Integração Técnica sobre Poluição e a Serra do Mar, 1.º, São Paulo, Cetesb, 1988 b, p. 166-172.

VIANA, V.M. *Ecologia de populações florestais colonizadoras e recuperação de áreas degradadas*. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos conhecimentos. São Paulo, ACIESP, 1987, Vol. I, p. 29-39.

# Zoneamento: Uma análise crítica<sup>1</sup>.

James Jackson Griffith<sup>2</sup>

**RESUMO** Este trabalho investiga os efeitos prováveis de zoneamento sobre o uso da terra em áreas rurais e silvestres.

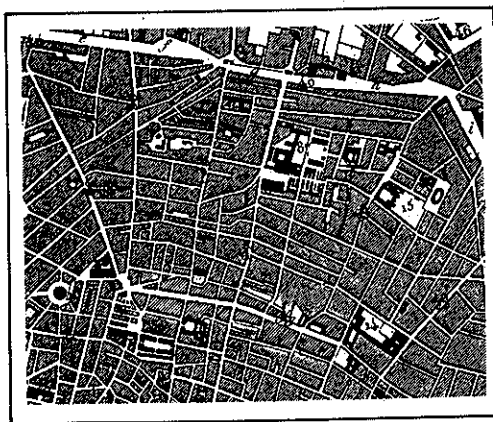
Analisa os antecedentes de zoneamento em planejamento urbano e compara esta experiência urbana com a situação da Área de Proteção Ambiental (APA) no Brasil — nova unidade de conservação, criada em 1981. Apresenta um modelo para investigar as conseqüências complexas — algumas não inteiramente previsíveis e possivelmente indesejáveis para o meio ambiente — sobre o mercado imobiliário. Discute algumas situações em que se obtém maior ou menor sucesso de proteção ambiental, regulamentando o uso da terra pela técnica de zoneamento.

**Palavras-chave:** zoneamento ambiental, Áreas de Proteção Ambiental, Conservação de Recursos Naturais, Planejamento de Uso da Terra.

**ABSTRACT** This analysis discusses the probable effects of conservation zoning on agricultural and forest land use in Brazil. Implications drawn from the experience of urban planning are suggested for a new official Brazilian conservation unit created in 1981, the Environmental Protection Area. A model is developed to show how zoning especially affects land markets. Some changes in land use caused by zoning may be unpredictable and even undesirable for the environment. Finally, certain situations where zoning may prove successful — those with low transactions costs for implementing regulation are presented.

**Key words:** environmental zoning, Environmental Protection Areas, natural resource conservation, land use planning.

**Em 1981 foi introduzida no Brasil uma nova categoria de unidade de conservação, a Área de Proteção Ambiental (APA), destinada, principalmente, a defender os recursos naturais em regiões rurais e silvestres. Proposta pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), a APA difere dos Parques Nacionais, Estações Ecológicas e outras unidades de conservação, principalmente porque permite que as terras da unidade permaneçam nas mãos de terceiros. Portanto, são áreas que os particulares podem usar e alterar de forma controlada, sem que o governo exija sua total preservação.**



A SEMA, procurando gerenciar as APAs, tem optado pelo zoneamento como instrumento principal de controle e regulamentação do uso destas terras, "de forma a coibir a predação e degradação ambiental, possibilitando a conservação dos recursos naturais" (Brasil, 1987). Um dos primeiros documentos publicados sobre a nova categoria, "*Caracterização e Diretrizes Gerais do Uso da Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu*" (Brasil, 1986), destaca o seguinte: "O zoneamento ambiental constitui um instrumento indispensável para conciliar os imperativos do desenvolvimento econômico com a necessidade de se proteger e melhorar o ambiente". Em outubro de 1987, a SEMA promoveu uma conferência especial sobre as APAs, onde o assunto principal foi o aprimoramento das técnicas de zoneamento.

Entende-se por zoneamento a divisão de uma área

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no Workshop para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, de 28 a 30 de outubro de 1987, em Curitiba - Paraná.

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais.

geográfica em setores, onde certas atividades de uso da terra são permitidas e outras não, de maneira que se compatibilizem as pressões de alteração física com as de preservação do meio ambiente. Existe outro uso do termo: a simples classificação científica da terra sem uma prescrição normativa de como ela deve ou não ser utilizada — o zoneamento geomorfológico, por exemplo.

A SEMA atualmente usa o termo no primeiro sentido: a classificação da terra e a especificação de normas de seu uso, numa tentativa de proteger o meio ambiente. O objetivo deste artigo é analisar criticamente o uso de zoneamento neste sentido, como medida de proteção ambiental. Os antecedentes de zoneamento em planejamento urbano são analisados e compara-se esta experiência urbana com a situação de áreas rurais e silvestres. Apresenta-se um modelo para investigar algumas das conseqüências complexas do zoneamento sobre o mercado imobiliário. E, finalmente, discute-se algumas situações em que se obtém maior ou menor sucesso de proteção ambiental, regulamentando o uso da terra pela técnica de zoneamento.

### Os Antecedentes de Zoneamento

O uso de zoneamento em planejamento de unidades de conservação foi popularizado por Moseley *et alii* (1974), em seu trabalho com Parques Nacionais latino-americanos. Para fazer o zoneamento, o planejador reconhece a heterogeneidade física do parque, identificando e delimitando locais distintos dentro da área, com base nos contrastes geomorfológicos e biótipos e no grau de preservação ou degradação de seus recursos naturais. A seguir, certos locais são designados para a preservação estrita, com um mínimo de influência humana. Outros locais, entretanto, são destinados às atividades recreativas educativas ou administrativas, onde as obras e o uso público provocam danos menores ao ambiente.

Deve-se destacar que este procedimento é viável no caso dos Parques Nacionais, porque o governo é o único proprietário destas terras, exercendo, portanto, um controle rigoroso sobre elas.

A situação das Áreas de Proteção Ambiental difere bastante da dos Parques Nacionais. Para melhor entender os efeitos da regulamentação direta do uso da terra nas mãos de particulares, deve-se olhar a experiência com zoneamento urbano. Na década de 20, os urbanistas norte-americanos, por exemplo, promoveram a divisão das cidades em zonas residenciais, comerciais e industriais. Segundo Babcock (1986), a rápida expansão das cidades, na época, desafiou o conceito dos direitos da propriedade privada. Sobretudo, os proprietários de residências unifamiliares sentiram seus bairros ameaçados pelo congestionamento, industrialização e conjuntos habitacionais de alta densidade. O esforço destes, apoiados por políticos e planejadores, resultou numa decisão importante da Corte Suprema norte-americana em 1926. Este tribunal classificou as invasões de indústrias ou apartamentos em zonas residenciais unifamiliares como perturbações públicas.

Apoiada pela Corte Suprema, a prática de zoneamento difundiu-se pelo País inteiro. Porém, a técnica utilizada foi, em muitos casos, uma padronização de zoneamen-

to muito generalizada e pouco adaptada às condições específicas de cada cidade. Outro erro foi considerar o aumento anual do número de cidades que possuem planos de zoneamento como sinal de progresso municipal, ao invés de medir a situação real das suas condições urbanas (Babcock, 1966).

Hoje, após décadas de observação, os urbanistas chegaram à conclusão de que pressões políticas conseguem, na maioria dos casos, invalidar a eficácia do zoneamento (With, 1968; Clawson, 1962 e 1971; Hasbrouck, 1974)<sup>3</sup>. Funciona, apenas, quando instigado para proteger o *statu quo*, no caso de uma associação de bairros que consegue mobilizar os moradores que não querem a presença de comércio ou indústria na mesma área. O zoneamento, porém, não é efetivo em situações dinâmicas, como nas áreas de rápido crescimento das periferias das cidades. Nestes casos, o especulador de imóveis, provavelmente, tem mais poder de decisão sobre a futura forma da cidade que o planejador urbano.

Apesar destes problemas, compreende-se por que os políticos e planejadores gostam de zoneamento: parece uma medida barata de controle ambiental. Como o zoneamento não exige a regularização fundiária, elimina-se a necessidade de estudos técnicos de indenização, evitam-se desgastes políticos da desapropriação e não há grandes dispêndios de verbas para comprar as terras a serem protegidas.

Mesmo que o zoneamento pareça atrativo, é questionado se as mesmas tendências, que tornam inábil o zoneamento urbano, desabilitariam, também, as tentativas de zonificar as áreas rurais e silvestres. Para responder a esta pergunta, desenvolve-se, a seguir, um modelo analítico.

### Modelo de alguns efeitos do zoneamento: O preço das terras

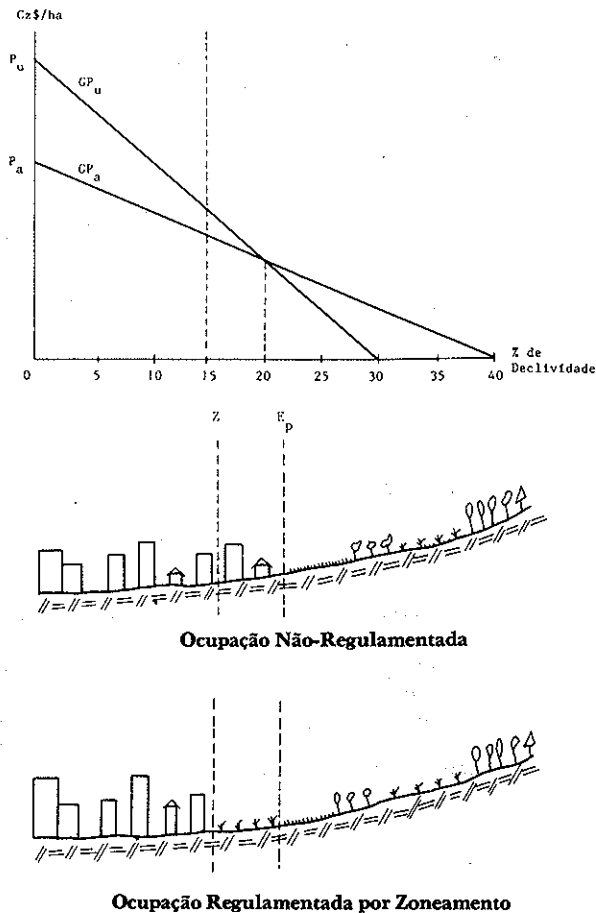
O modelo econômico dos preços da terra pode explicar os mais importantes efeitos do zoneamento. O mecanismo do mercado promove as atividades econômicas que convertem os recursos da terra em produtos que sustentam seu proprietário. Pressupõe-se que este indivíduo escolha aquele uso da terra que lhe renderá o máximo dos bens desejados pelo mínimo de esforço ou custo. Portanto, essa pessoa toma a sua decisão de acordo com os preços dos vários produtos, os quais a levam à melhor escolha, com base em seu interesse individual.

Seguindo um modelo econômico de zoneamento modificado do trabalho de Hagman e Misczynski (1978), supõe-se o comportamento desta pessoa e de outros proprietários semelhantes na seguinte situação: suas fazendas e chácaras ocupam uma região rural que permanecia por muito tempo fora da influência do mercado mobiliário da cidade mais próxima. Pretende-se que o único fator limitante das suas terras — tanto para a facilidade de seu uso como para proteção ambiental — seja o grau de declividade das suas encostas. A declividade da área não ultrapassa a 40%, o que permite a ocupação agrícola de toda a área, em razão dos tipos de solo e do índice pluviométrico encontrados na região.

Suponha-se que esta região comece, então, a sofrer pressões oriundas da cidade mais próxima, em plena ex-

<sup>3</sup> para uma discussão detalhada, contra zoneamento urbano, veja o livro de B.H. Siegan, *Land Use Without Zoning*, (1972).

Figura 1 — Efeito teórico de zoneamento sobre a ocupação de terras urbanas e agrícolas.

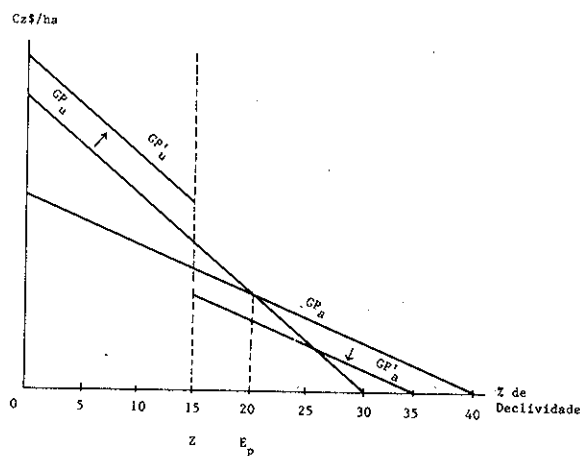


pansão de seus limites. Procurando novos espaços para construir residências, fábricas e centros comerciais, os proprietários e especuladores começam a vender e a comprar essas terras agrícolas, convertendo-as em áreas urbanas.

A Figura 1 mostra a situação criada pelas forças do mercado, em que o futuro da região depende da ocupação de suas terras pelo uso agrícola ou urbano. Observa-se neste diagrama a relação entre o grau de declividade (a abscissa) e o valor da terra, expresso em seu preço por hectare no mercado (a ordenada), num determinado momento<sup>4</sup>. As duas linhas decrescentes representam os gradientes do preço de oferta —  $GP_a$  para o uso agrícola e  $GP_u$  para o uso urbano.

O fato de o gradiente  $GP_u$  começar mais alto que o  $GP_a$  e continuar mais elevado em até 20% de declividade, reflete a vantagem do terreno plano sobre o íngreme, para a construção de obras urbanas. Aumentam, subitamente, os custos de terraplenagem, estacamento e drenagem destas obras, com o grau de declividade. O uso agrícola, menos valorizado que o urbano em até 20% de declividade, exige menos investimentos na ocupação dos terrenos íngremes. Após o índice de 20%, porém, sua

Figura 2 — O efeito do zoneamento sobre os gradientes de preço das terras urbanas e agrícolas.



rentabilidade se estende até a utilização das encostas, com o máximo de 40% de declividade.

Se uma determinada parcela de terra permanece em uso agrícola ou é desenvolvida em infra-estrutura urbana, esta vai depender, então, da posição de seu grau de declividade, de sua localização em relação ao ponto de equilíbrio dos gradientes de preço, ponto  $E_p$ .

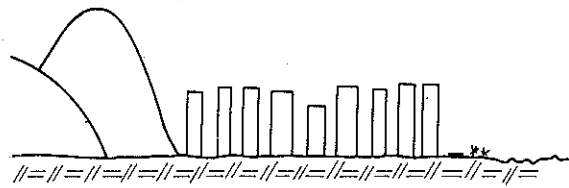
Imagine-se, agora, que um estudo técnico, realizado por uma entidade conservacionista do governo, revele que a urbanização de encostas nesta região (acima dos 15%) provocará problemas sérios de erosão, assoreamento dos cursos de água e outros prejuízos ambientais. Em razão disto, o governo impõe um zoneamento antes que a fronteira da cidade chegue a esta área, proibindo a urbanização de encostas, acima de 15% de declividade. O ponto  $z$  mostra a linha de zoneamento na abscissa da Figura 1.

Quais as conseqüências deste zoneamento, segundo a lógica do modelo? Pressupondo, por enquanto, que a fiscalização do regulamento seja efetiva, como primeiro resultado haverá menos terra disponível para a urbanização, subtraindo a faixa entre os pontos  $Z$  e  $E_p$  na abscissa da Figura 1, por causa do zoneamento. Observando os mesmos pontos da Figura 2, vê-se que a redução da oferta nesta faixa será acompanhada por um aumento de preços no resto do terreno, que poderia ser legalmente urbanizado, representado pela mudança da linha  $GP_u$  para  $GP'_u$ . Ao mesmo tempo, a garantia jurídica de que a faixa  $ZE_p$  permaneceria como terra agrícola, provocaria um efeito igual a um aumento de oferta, deslocando a linha  $GP_a$  para  $GP'_a$ , refletindo a maior disponibilidade de área arável, devido ao zoneamento.

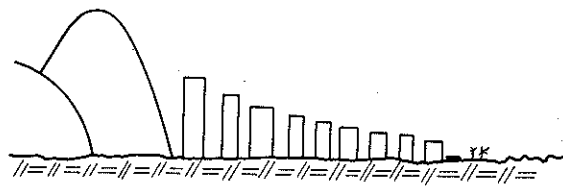
Estes são apenas os resultados do primeiro ciclo dos efeitos do zoneamento. Após a mudança de preços das terras, provocada pelo zoneamento, o próximo ciclo traz conseqüências mais complexas — algumas não inteiramente previsíveis e (possivelmente indesejáveis) para o meio ambiente no mercado imobiliário.

4 Num mercado imobiliário dinâmico e superaquecido, os preços, provavelmente, variam semanalmente. O modelo estático aqui apresentado, porém, ainda auxilia no entendimento dos efeitos de zoneamento.

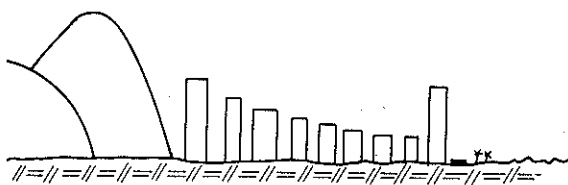
Figura 3 — Efeito de zoneamento urbano sobre a altura e prédios à beira-mar.



Provável Situação sem Zoneamento



Zoneamento Ideal



Zoneamento com Trapaceiro

### O Problema da Especulação Imobiliária

Para melhor entender outras conseqüências do zoneamento, recorre-se novamente a um exemplo do planejamento urbano. Descreve-se o papel de um ator importante na evolução do uso da terra sob a regulamentação de zoneamento: o trapaceiro — aquela pessoa que procura burlar a lei para sua própria vantagem financeira.

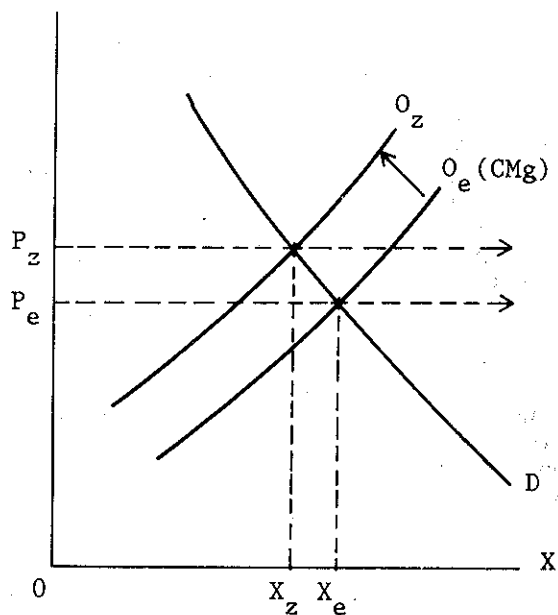
Todos conhecem exemplos no Brasil de cidades à beira-mar, onde houve pelo menos tentativas de zoneamento para regulamentação do gabarito dos prédios. Prover-se-á um ambiente melhor se houver esta regulamentação, exigindo-se prédios menos altos à beira-mar e permitindo mais altura àqueles afastados da praia. Esta regulamentação facilitaria maior penetração das brisas do mar e permitiria, pelo menos, uma vista parcial para todos os prédios (Figura 3)

Não obstante, este zoneamento, regulamentando gabaritos, provocaria uma mudança nos gradientes de preço das propriedades à beira-mar, semelhante aos efeitos ilustrados nas Figuras 1 e 2. Se o zoneamento provocar uma elevação artificial no preço das terras, haverá um forte incentivo para que os proprietários tentem trapacear na regulamentação. Imagine-se a situação de um proprietário na primeira rua próxima à praia, quando pensa em construir um novo hotel em seu lote. Na Figura 4, que ilustra esta situação, observa-se que a oferta de espaço construído no mercado imobiliário ficou reduzida e, como conseqüência, o preço deste tipo de propriedade

aumentou de  $P_e$  a  $P_z$ . Se este proprietário tiver o poder ou a criatividade de fazer que o governo o autorize a não obedecer o zoneamento, seu lucro seria equivalente ao retângulo  $P_e P_z R S$ , a área pontilhada na Figura 4. Considera-se esta área como lucro do trapaceiro, já que, alterando na regulamentação, ele terá um hotel proporcionalmente maior que a concorrência, aproveitando-se

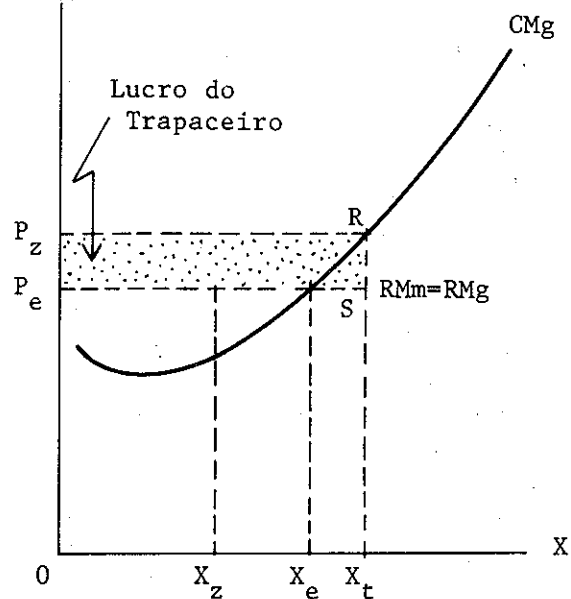
Figura 4 — Incentivo de lucro que a introdução de zoneamento no mercado imobiliário (Situação a) apresenta ao trapaceiro (Situação b). (Pressupõe-se que o quadro de oferta reflete determinados preços de insumos, e que algumas firmas são menos eficientes que outras).

$Cz \$/X$



a) Situação do Mercado Imobiliário

$Cz \$/X$



b) Situação do Trapaceiro (Espaço construído à beira-mar)



da elevação artificial dos preços e do privilégio adicional de oferecer vistas panorâmicas de 360° a seus hóspedes nos apartamentos acima dos outros prédios. Uma vez burladas as normas do zoneamento, abre-se o caminho para que outros façam o mesmo, inviabilizando, eventualmente, o esquema de proteção ambiental.

Nas terras rurais e silvestres, o efeito do zoneamento e a maneira como ele incentiva o trapaceiro pode ser tão dramático como o exemplo anterior, dos prédios à beira-mar. A tentação do lucro adicional, devido à elevação artificial dos preços, pode levar os infratores e trapaceiros a agirem com toda a sua força política, sem escrúpulos, beneficiando-se à custa dos outros. Como exemplos relevantes, incluem-se a abertura de loteamentos em bacias de captação de águas, os clubes e restaurantes que invadem áreas verdes urbanas, e casas de veraneio construídas dentro de áreas de proteção permanente.

A forte atração de lucros, elevados artificialmente, pode atrair ao mercado novos especuladores. Outra consequência é a criação de um clima de incerteza no mercado imobiliário, pois haveria dúvidas quanto ao zoneamento ser efetivo ou não. Em casos de instabilidade e incerteza, há forte incentivo para que os proprietários e especuladores tentem explorar os recursos num ritmo mais rápido que eficiente, muitas vezes provocando a degradação devido à rapidez, ao consequente congestionamento e à falta de cuidados normais de conservação.

### **Zoneamento em Situações de Negociação de Baixo Custo**

Apesar de tantas dificuldades, há situações em que se acredita em resultados benéficos à proteção ambiental, como em áreas rurais e silvestres. Deste ponto de vista, haverá chances de sucesso, principalmente em situações de negociação de baixo custo entre as partes interessadas no zoneamento. As partes interessadas compreendem os seguintes elementos: proprietários, compradores, vários níveis e entidades distintas do governo, residentes da região, comerciantes, e a população, em geral, afetada pela regulamentação proposta.

O custo de negociação, definido por Hyman (1988), é o valor gasto em tempo e esforço necessários para se conseguir um acordo coletivo entre estas partes, e garantir que os termos deste acordo sejam respeitados. Justifica-se a intervenção do governo no processo apenas se os custos das negociações feitas pelo governo forem maiores que os benefícios alcançados e se a intervenção for mais eficiente sob o ponto de vista social, que a solução do mercado livre.

Coloca-se as seguintes condições, que reduzem os custos de negociação, em que o zoneamento poderia ser mais efetivo:

a) obtém-se maior sucesso se houver um número pequeno de partes interessadas. Como exemplo, seria mais fácil efetivar a Área de Proteção Ambiental de Petrópolis, que inclui três municípios em um estado, do que efetivar a APA da Serra da Mantiqueira, que abrange 23 municípios em três estados (Brasil, 1987). Nitidamente mais fácil seria a situação em que apenas uma ou poucas entidades ocupassem uma área, e a implantação da APA envolvesse um número reduzido de níveis de governo. Tal situação poderia ocorrer no norte do País, onde grandes companhias de mineração obtiveram concessões de lavras em áreas que merecem, também, proteção ambiental controlada pelo governo nas partes não-mineradas.

b) Obtém-se maior sucesso quando é fácil identificar e encontrar as partes interessadas. Seria mais difícil estabelecer uma APA numa região onde a situação de posse das terras é historicamente complicada ou seus proprietários estão dispersos, do que numa região onde o registro de imóveis é todo regularizado e os proprietários são encontrados com facilidade.

c) Obtém-se maior sucesso quando o governo tem algum poder real sobre as partes interessadas e não depende, apenas, de um respaldo teórico da lei. Na maneira em que as partes interessadas — especialmente os proprietários — dependem do governo para algum serviço básico, infra-estrutura, ou concessão de exploração, existe uma alavanca poderosa para melhor garantir a obediência da regulamentação.

d) Obtém-se maior sucesso quando a natureza ou a localização das infrações é facilmente detectada. A viabilidade da APA depende da sua fiscalização efetiva, que seria mais fácil em regiões não isoladas geograficamente, onde há boa visibilidade, e não há locais escondidos pela própria variação do relevo. A fiscalização eficaz depende, também, da própria natureza dos recursos a serem considerados. Por causa de sua magnitude e alta visibilidade, o desmatamento é mais facilmente detectado que a caça ilegal, praticada muitas vezes sob a proteção da cobertura densa da floresta. Por outro lado, o uso indevido de fogo, numa APA, seria mais fácil de detectar que o desmatamento, por ser visível a muitos quilômetros de distância no momento em que se comete a infração.

Talvez estas condições para o sucesso pareçam óbvias ou simplistas. Deve-se lembrar, porém, que as entidades e forças governamentais responsáveis pela criação e andamento das APAs são instituições relativamente novas. A conquista de alguns sucessos na atuação poderia fortalecer significativamente sua evolução político-administrativa. Por outro lado, fracassos devido à falta de critérios na escolha de áreas designadas a serem APAs, podem enfraquecer a credibilidade institucional e comprometer sua futura sobrevivência.

### **Conclusões**

Este trabalho procurou esclarecer os motivos que podem implicar sucesso ou dificuldades para esquemas de zoneamento em Áreas de Proteção Ambiental. Sugere-se que os problemas encontrados no zoneamento urbano possam afetar, também, as tentativas de zonificar áreas rurais e silvestres.

Pode-se concluir que o zoneamento é útil quando usado por um único proprietário para organizar o uso da terra sob seu domínio. Vários planos realizados para os parques nacionais brasileiros, por exemplo, deram origem a produtos rápidos e relativamente satisfatórios (Brasil, 1978). Geiser (1984) também tem usado o zoneamento para planejar projetos paisagísticos em áreas industriais privadas. Entretanto, o zoneamento aplicado pelo governo para regulamentar terras possuídas por terceiros poderá encontrar barreiras.

Em situações urbanas, o zoneamento tem se demonstrado efetivo apenas onde foi utilizado por proprietários para preservar o *statu quo*. Não foi efetivo em situações dinâmicas, como nas áreas de rápida expansão, nas periferias das cidades. Suspeita-se que a mesma tendência prevaleceria nas tentativas governamentais de zonificar áreas rurais e silvestres de terceiros, por ser o Brasil um país caracterizado, hoje, por fronteiras agrícolas e urba-

nas em plena expansão. Existem, aparentemente, poucas situações de *statu quo* em que um zoneamento seria defendido por múltiplos proprietários.

Para melhor explicar estas dificuldades, este trabalho desenvolveu um modelo analítico do zoneamento que sugere as seguintes conclusões:

a) a aplicação do zoneamento pode trazer conseqüências complexas — algumas não inteiramente previsíveis e possivelmente indesejáveis para o meio ambiente — no mercado imobiliário.

b) Se o zoneamento provocar uma elevação artificial no preço de terras ou serviços relacionados, haverá um forte incentivo para os proprietários e especuladores tentarem fazer trapaças na regulamentação, prejudicando, provavelmente, sua viabilidade.

c) O zoneamento poderia ter sucesso numa situação rara, em que os custos de negociação entre as partes — o governo e os proprietários — e de fiscalização fossem reduzidos. Portanto, o planejador deve fazer uma análise e seleção prévia das áreas mais aptas para este tipo de regulamentação e não depender apenas de mais respaldo nas leis.

As outras opções para a proteção ambiental das terras, além do zoneamento ou da aquisição desta propriedade pelo governo, deverão ser apresentadas num futuro trabalho. Entretanto, adianta-se as seguintes sugestões: existem várias armas econômicas para formular uma política ambiental, incluindo taxaço, subsídios para auxiliar o uso correto da terra, especificação de padrões de qualidade ambiental, e especificação dos métodos tecnológicos a serem utilizados para garantir a conservação da natureza.

Uma das alternativas mais promissoras, sugerida por Ervin e Fitch (1987) e Hagman (1978), é a criação de um mercado que permita certas atividades do uso da terra e não outras, numa determinada região. Estes direitos de uso seriam transferíveis, de modo que, se um proprietário quiser, poderia vendê-los para uma outra pessoa. Todavia, a quantidade total deste uso na região seria limitada pelo governo.

Nenhuma destas armas econômicas seria correta em todas as situações de proteção ambiental. Para escolher uma delas, o planejador precisa analisar cada caso para descobrir a natureza dos bens e serviços envolvidos, as características dos proprietários, compradores, instituições e outros elementos afetados e as conseqüências desta política ambiental.

Uma combinação de soluções pode ser melhor do que depender de uma única ferramenta de controle. Phillip Hoose (1981), autor conservacionista e membro da organização "The Nature Conservancy", que trabalha para proteger reservas mantidas como propriedade particular, escreveu o seguinte: "Os conservacionistas precisam ter a capacidade de escolher entre muitas opções, comparando cada uma, quando resolverem iniciar a proteção de uma determinada área. Precisam, também, ter a habilidade de aprimorar a unidade de conservação ao longo do tempo, fortalecendo, de forma progressiva e cumulativa, as medidas que comprometem o proprietário a conservar a natureza."

Neste sentido, este trabalho tem procurado analisar criticamente a técnica de zoneamento. Considera-se esta técnica como uma ferramenta útil para certas situações, fazendo parte, porém, de uma coleção maior de medidas conservacionistas.

## Referências

- BABCOCK, Richard. *The zoning game*. Madison, University of Wisconsin, 1966. 202 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Diagnóstico do subsistema de Conservação e preservação de recursos naturais renováveis*. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1978. 138 p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Áreas de Proteção Ambiental*; abordagem histórica e técnica. Brasília, Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1987. 46 p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Caracterização e diretrizes gerais de uso da Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu*. Brasília, Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1986. v. 1.
- CLAWSON, Marion. *Suburban land conversion in the United States; an economic and governmental process*, Baltimore, Resources for the Future Johns Hopkins University Press, 1971. 406 p.
- CLAWSON, Marion. Urban sprawl and speculation in suburban land. *Land Econ.* 38(2): 99-111, May 1962.
- ERVIN, David E. & FITCH, James B. Evaluating alternative compensation and recapture techniques for expanded public control of land use. *Nat. Res. J.* 19 (1):21-41, Jan. 1979.
- GEISER, Rodolfo. O desafio de reequilibrar o ambiente. *A Construção*, 37 (1983): 7-12, 1984.
- HAGMAN, Donald & MISCZYNSKI, Dean. eds. *Windfalls for wipeouts*; land value capture and compensation. Washington, D.C. Planners Press/American Planning Association, 1978. 660 p.
- HASBROUCK, Sherman. *Pragmatic planning*; an alternative to comprehensive planning. Orono, University of Maine, 1974. 28 p. (Essay on the New Habitat).
- HOOSE, Phillip M. *Building an ark*; tools for the preservation of natural diversity through land protection. Covelo, Island Press, 1981. 221 p.
- HYMAN, David, N. *Public finance*; a contemporary application of theory to policy. New York, CBS College Publishing, 1983. 700 p.
- MOSELEY, J.J.; Thelen, D. Kyran; MILLER, R. Kenton. *Planificación de parques nacionales*. Santiago, Chile, FAO, 1974. 73p. (Documento Técnico de Trabajo, 15).
- SIEGAN, Bernard H. *Land use without zoning*. Lexington, Lexington Books, 1972. 271 p.
- WHYTE, William H. *The last landscape*. Garden City Doubleday, 1968. 376 p.

# O sulfato de cobre como agente tóxico

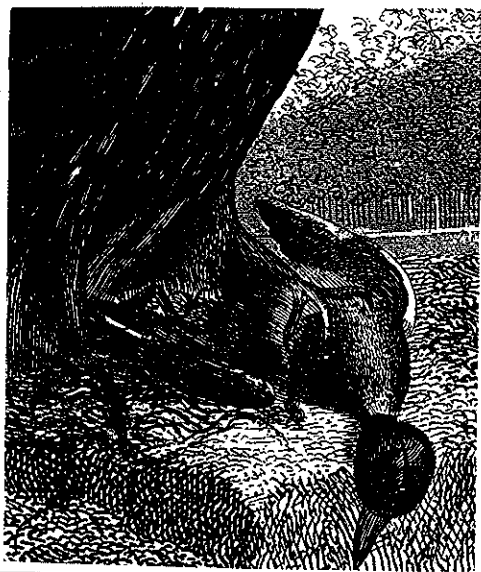
Murilo Damato \*  
Zuleika Beyruth \*\*  
José Luiz Negrão Mucci \*\*  
Cláudia Dornelles de Alvarenga \*\*  
Aristides Almeida Rocha \*\*\*

**RESUMO** Através de bioensaios conduzidos nos laboratórios do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, verificou-se a toxicidade aguda do sulfato de cobre sobre *Poecilia reticulata* em teste estático, em água com temperatura, dureza e alcalinidade semelhantes às encontradas nos corpos d'água do Estado de São Paulo. Os valores encontrados foram: CL 50,24h — 0,134 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; CL 50,48h — 0,096 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; CL 50,72h — 0,087 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; CL 50,96h — 0,080 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ . **Palavras-chave:** sulfato de cobre, teste de toxicidade, *Poecilia reticulata*, bioensaios.

**ABSTRACT** The acute toxicity of copper sulphide to *Poecilia reticulata* was studied through static toxicity tests carried out in the laboratories of the Department of Environmental Health, of the Public Health Faculty, University of São Paulo.

The temperature, hardness and alkalinity of the water used in the tests were similar to those of natural waters of the State of São Paulo. The results were: 24h-LC50 — 0,134 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; 48h-LC50 — 0,096 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; 72h-LC50 — 0,087 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ ; 96-LC50 — 0,080 mg/L de  $\text{CuSO}_4$ . **Key words:** copper sulphide, toxicity test. *Poecilia reticulata*, bioassay.

**A presença de substâncias tóxicas, ou potencialmente tóxicas na água, impede ou dificulta seus múltiplos usos. Entre as substâncias mais nocivas aos seres vivos estão os metais pesados. O cobre é um destes metais, e apresenta importância por ser amplamente utilizado na agricultura e no controle de pragas, podendo, desta forma, interferir nos ecossistemas aquáticos.**



O óxido e o sulfato de cobre têm ação inseticida, algicida, fungicida e herbicida, sendo também usados no controle e combate ao verme *Schistosoma* sp e respectivo hospedeiro, em lagos recreacionais e em reservatórios destinados ao abastecimento. É também comum seu uso para a destruição de fungos e larvas de insetos em plantações, podendo ser carregados pelas chuvas ou introduzidos diretamente em lagos e rios durante a lavagem dos aparelhos de sulfatação (Doudoroff & Katz, 1953).

Como algicida, é empregado em concentração de 0,3mg/l de sulfato de cobre em águas com alcalinidade inferior a 50mg/l de carbonato de cálcio, e quando a alcalinidade é superior a 50mg/l de carbonato de cálcio, aplica-se 2,0mg/l de sulfato de cobre. Esta concentração é calculada em função de uma faixa de 30cm a partir da superfície, o que corresponde a aproximadamente 0,6g/m<sup>2</sup>, segundo Branco (1986). Hobbs & Hall (In: Hart & Fuller, 1974) citam referências que recomendam doses de 0,3mg/l em água mole e de 1,0mg/l em água dura, quando utilizado como algicida.

(\*) Professor do Dep. de Eng. Sanitária da Escola Mauá. (\*\*) Biólogo do Dep. de Saúde Ambiental da FSP/USP. (\*\*\*) Professor Associado do Dep. de Saúde Ambiental da FSP/USP.

No controle de *Schistosoma* sp utilizam-se aplicações repetidas de sulfato de cobre, pois ele não é efetivo no controle de ovos nas concentrações utilizadas para o controle dos adultos.

Apesar de o cobre ter toxicidade relativamente baixa para o homem, são necessárias doses acima de 20 a 100mg/l de cobre para causar intoxicação no homem ou em animais domésticos — Branco (1986) — sua toxicidade potencial para peixes, bem como para outros organismos aquáticos, é alta, como ressalta Jones (1964) Entre os metais pesados, Doudoroff & Katz (1953) apresentam a seguinte ordem decrescente de toxicidade: Hg, Cu, Zn, Cd, Sn, Al, Ni, Fe + + +, Ba, Mn, K, Ca, Mg e Na, em relação à sensibilidade apresentada pelos peixes. Segundo Batalha & Parlato, 1977 (apud SEMA, 1980), a toxicidade do cobre sobre a vida aquática estende-se desde as bactérias até os peixes.

A água pode tornar-se impalatável quando a concentração de cobre for superior a 5mg/l (Branco, 1986).

Os efeitos da adição de sulfato de cobre ao meio, observados através de bioensaios com organismos aquáticos, mostram que os sintomas apresentados e as doses necessárias à manifestação desses sintomas diferem de táxon para táxon.

Pereira (1978) usando concentrações de 0,1 e de 0,2mg/l de  $\text{CuSO}_4$ , em culturas mistas de algas, encontrou redução no número de organismos por litro, para *Microcystis flos-aquae*, *Nitzschia* sp, *Synedra* sp e *chlamydomonas* sp. A propósito, Branco (1986) afirma que *Synura* sp e algas azuis do gênero *Microcystis* sp são muito mais sensíveis do que inúmeros flagelados ou que certas diatomáceas, como *Achnanthes* sp.

Shiff & Garnett (1961) trabalhando com sulfato de cobre e seus efeitos sobre a microflora e microfauna de tanques biologicamente estáveis, utilizando concentração de 20mg/l, relatam que anfíbios e *Potamon* sp — um crustáceo decápodo — não foram mortos. Entretanto, esse composto causou severa redução na densidade de camalotes de *Chara* sp. Em cladóceros e em larvas aquáticas de insetos, o mesmo composto causou 100% de mortalidade no décimo primeiro dia do experimento. Copépodos e seus náplios apresentam redução drástica após o décimo primeiro dia e ostrácodos tiveram seu desenvolvimento retardado durante o tratamento.

Furmanska (1979) notou que crustáceos são mais sensíveis que moluscos e peixes à ação do sulfato de cobre. Brinkhurst & Cook (in Hart & Fuller, 1974) afirmam que oligoquetos são pouco tolerantes a fons de metais pesados.

Kenk (in Hart & Fuller, 1974) relata que Kawakatsu & Itu (1963) não encontraram planárias em locais poluídos pela descarga de uma mina de cobre, abandonada, no Japão, apesar delas ocorrerem regularmente em corpos d'água não poluídos das proximidades. Sawyer (in Hart & Fuller, 1974) afirma que em laboratório a CL 100 de sulfato de cobre variou de 1 a 20mg/l conforme a espécie de hirudíneo analisada, porém, no campo, esse composto foi ineficaz no controle de hirudíneos; mesmo em concentrações de até 200mg/l, Hobbs & Hall (in Hart & Fuller, 1974) encontraram para 'crayfish' (decápodo) adulto, CL 50,96h de 30mg/l de  $\text{CuSO}_4$  e para recém eclodidos, CL50 de 1,0mg/l em menos de duas horas. Já Harman (in Hart & Fuller, 1974), em teste de toxicidade de 96h com *Physa heterostrophra* (molusco), encontrou uma CL 50 de 0,069mg/l de cobre em água com dureza de 100mg/l de  $\text{CaCO}_3$ .

Doudoroff & Katz (1953) concluem que na maioria

das águas doces naturais dos EUA, concentrações de sulfato de cobre de 0,25mg/l, em Cu, não são rapidamente fatais para a maioria das espécies comuns de peixes, e Jones (1964) afirma que as concentrações limitantes para vários peixes dadas por muitos autores cobrem a faixa surpreendente de 0,02 a 200,00mg/l.

A amplitude desses limites provavelmente deve-se às variações na composição química e às condições do corpo d'água (Branco, 1986). Assim, não é possível estabelecer valores muito positivos e constantes para esses limites, uma vez que a intoxicação dos peixes pelo cobre varia em função de muitos fatores, tais como a dureza das águas, sua alcalinidade, pH, composição química, temperatura, presença de outros metais pesados, turbulência e presença de argila e de ácidos húmicos.

Doudoroff & Katz (1953) observaram que em águas moles, com pH 6,0 concentrações de 0,1 a 0,8mg/l de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , têm sido registradas como sendo desde toleráveis até danosas para as várias espécies de peixes nessas condições.

O sulfato de cobre é altamente solúvel, porém em certas condições de maior dureza e alcalinidade da água, é rapidamente precipitado sob a forma de compostos insolúveis que se depositam no sedimento do corpo d'água. Por estas razões, a dosagem efetiva na natureza pode atingir a valores tão mais altos que os obtidos em testes de laboratório.

Em águas naturais, a quantidade de matéria orgânica presente no sedimento e a natureza dos minerais argilosos presentes na fração coloidal vão determinar a quantidade de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  removida da solução pelo material do fundo (Riemer & Toth, 1970). Esses autores relatam que os altos teores de calcário podem afetar a concentração de cobre na solução. Os ácidos húmicos diminuem a toxicidade aguda e a crônica do cobre, pela formação de precipitados, sendo que a ação do precipitado pode causar algum efeito deletério sobre os organismos bentônicos. Mas não há indícios que esclareçam a ação desses precipitados nesses organismos.

Soluções-teste feitas com água mole foram tóxicas para *Salmo gairdneri* a 0,06 ppm de Cu, enquanto que em água muito dura houve acentuada redução de toxicidade, para 0,6 ppm (Jones, 1964). A turbulência da água é outro fator que exerce efeito significativo sobre a toxicidade de substâncias que agem por meio de processos físico-químicos, como os metais pesados, os quais, pela coagulação do muco das brânquias dos peixes, provocam asfixia (Branco, 1960). Em gastrópodes testou-se a variação da toxicidade do sulfato de cobre, demonstrando-se que o efeito é altamente acentuado com o aumento da temperatura da água (Muirhead-Thompson, 1971).

A espécie utilizada no presente trabalho foi *Poecilia reticulata*, escolhida por se tratar de um organismo amplamente utilizado em âmbito internacional, satisfazendo a todos os requisitos necessários aos testes de toxicidade.

Apesar de não ser nativa do território brasileiro, *Poecilia reticulata*, foi introduzida há muito, sendo encontrada em águas com baixo teor de carbonatos e bicarbonatos. Segundo Rosen & Bailey (1963), esses animais são nativos das Antilhas Holandesas, Barbados, Venezuela e Guiana Inglesa, mas sua distribuição mundial ocorreu pela ação do aquarismo, havendo grandes estoques adaptados no Brasil, especialmente em São Paulo, bem como na Costa Rica, Itália, Madagascar, México e África Ocidental.

## Objetivo

Tendo em vista os vários usos de compostos químicos nos quais a presença do cobre é uma constante, este trabalho tem como objetivo determinar as concentrações de toxicidade aguda de sulfato de cobre em 24, 48, 72 e 96 horas de exposição de *Poecilia reticulata* a sulfato de cobre penta-hidratado.

## Materiais e Métodos

Os animais utilizados foram capturados no lago da Reserva Ecológica da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira e o experimento foi realizado no Laboratório de Hidrobiologia Sanitária do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Levou-se em conta, na realização deste teste, as condições mais comumente encontradas nos corpos d'água do Estado de São Paulo, quanto à dureza, alcalinidade e temperatura da água, conforme Capocchi (1964) e Cetesb (1984).

Foram testados um total de 160 espécimes na fase adulta, sendo 80 no teste preliminar e 80 no teste definitivo. O tamanho médio dos animais no teste preliminar foi de  $18,26 \pm 2,08$  mm e, no teste definitivo, de  $17,48 \pm 3,59$  mm. O peso médio foi de  $0,11 \pm 0,01$  g para as duas fases.

Os peixes foram aclimatados durante 10 dias e alimentados com ração para peixes tropicais, suprimida 48 horas antes do início dos testes, conforme recomendação da APHA (1980).

O agente tóxico utilizado foi o sulfato de cobre penta-hidratado pró-análise da Merck, um algicida. Para a diluição das concentrações dos testes foi preparada uma solução-estoque de 1 mg/L do referido agente tóxico, no teste preliminar, e de 0,1 mg/L no teste definitivo (APHA, 1980).

A mortalidade, bem como os parâmetros físico-químicos: pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram registrados a 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas nos testes preliminares, e nos mesmos períodos acrescidos de 48, 72 e 96 horas nos testes definitivos.

No teste preliminar a temperatura foi de  $28,0 \pm 1,0^\circ$  C, o pH de  $6,8 \pm 0,3$ , o teor de oxigênio dissolvido foi de  $6,1 \pm 0,2$  mg/L de  $O_2$ .

No teste definitivo a temperatura foi de  $27,0 \pm 2,0^\circ$  C, o pH foi de  $6,7 \pm 0,2$  e o teor de oxigênio dissolvido foi de  $6,3 \pm 0,1$  mg/L de  $O_2$ .

A alcalinidade e a dureza foram registradas no início e no fim do experimento, variando a primeira entre 10 e 12 mg/L  $CaCO_3$  e a última entre 10 e 11 mg/L de  $CaCO_3$ . Estes valores foram os mesmos tanto no teste preliminar quanto no definitivo.

Para se evitar uma diminuição brusca do agente tóxico no meio, devido à absorção do mesmo pelos peixes, utilizou-se a relação entre a biomassa de peixes e volume de solução-teste. Para *Poecilia reticulata*, a APHA (1980) sugere a relação 0,1 g de peixe por litro de solução-teste, utilizada neste teste.

Cada série foi dividida em sete concentrações diferentes, além de um controle. Para a avaliação biométrica, os animais foram imediatamente fixados em formalina 10%.

A análise dos dados foi feita utilizando-se o método nomográfico de Litchfield & Wilcoxon (1949).

## Resultados e Discussão

Os testes de toxicidade aguda do sulfato de cobre em *Poecilia reticulata* foram realizados em duas fases, a preliminar e a definitiva. Na fase preliminar as concentrações situaram-se entre 0,32 e 2,40 mg/L. Durante 24h os animais foram expostos ao sulfato de cobre e a mortalidade observada em todas as concentrações foi de 100%. Os peixes submetidos às maiores concentrações frequentemente vinham à tona respirar no filme de tensão superficial da água, apesar do teor de oxigênio dissolvido ter-se mantido superior ou igual a 60% da saturação. Segundo Delavechia (1981), o sulfato de cobre é responsável pelo colapso branquial dos peixes. A mortalidade no controle foi nula e nenhum dos espécimes apresentou comportamento irregular.

O teste definitivo foi realizado com concentrações variando entre 0,056 e 0,320 mg/L (Tabela 1).

Utilizando-se o método de Litchfield & Wilcoxon (1949) calculou-se os valores da CL50 para *Poecilia reticulata* em teste definitivo. Estes valores para períodos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas foram respectivamente 0,134, 0,096, 0,087 e 0,080 mg/L (Tabela 2).

Sprague (1969), cita Rothschein (1964) que assume a relação linear como típica para intervalos intermediários de toxicidade com peixes. Dos resultados obtidos, nota-se que houve uma pequena variação na CL50 dos períodos mais altos de exposição, isto é, de 72 para 96h, o que sugere que se o tempo de exposição fosse aumentado, poderia ter ocorrido uma letalidade adicional. Porém, como esta variação foi pequena, pode-se esperar que num período de exposição um pouco mais longo, já se obtivesse a CL50 assintótica, na qual a toxicidade aguda cessaria, iniciando-se a toxicidade crônica. Segundo o Relatório Cetesb n. 3, na determinação da toxicidade aguda do sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) para *Poecilia reticulata* em teste de fluxo contínuo, realizado a temperatura de  $23,5 \pm 1,0^\circ$  C, a CL50,96h encontrada foi de 0,31 mg/L. No mesmo trabalho, recomenda-se que os testes deveriam ter maior duração, a fim de que fosse determinada, através da CL50, a toxicidade aguda do sulfato de cobre, no tempo de exposição realmente necessário.

A variação do comprimento dos organismos foi compatível com a recomendação da APHA (1980), sendo esta variação menor que 50%.

O teor de oxigênio dissolvido manteve-se sempre acima de 60% da saturação e a temperatura variou  $2^\circ$  C.

Para comparar os resultados obtidos, utilizou-se bibliografia que relaciona trabalhos com testes estáticos realizados conforme a metodologia seguida neste teste.

Pode-se observar que os resultados ora obtidos, não diferiram muito da maioria dos resultados obtidos por outros autores para água mole. Pickering & Henderson (1966) expuseram *Lepomis macrochirus*, *Carassius auratus*, *Poecilia reticulata* e *Pimephales promelas* a sulfato de cobre a períodos de exposição de 24, 48 e 96 h a uma temperatura de  $25,0^\circ$  C. Pode-se observar que, para um período de 24h, *Pimephales promelas* e *Carassius auratus* mostraram-se ligeiramente mais sensíveis que a espécie aqui estudada. Para *Poecilia reticulata*, os resultados obtidos pelos mesmos autores, quanto à sensibilidade ao agente tóxico, foram semelhantes aos obtidos neste teste. *Lepomis macrochirus* revelou-se mais resistente (Tabela 3). Para testes de 48 e 96h os espécimes de *Poecilia reticulata* ora testados, mostraram-se li-

geiramente mais resistentes que *Carassius auratus*, *Poecilia reticulata* e *Pimephales promelas* testados por Pickering & Henderson, no trabalho citado (Tabela 3). A espécie utilizada neste teste mostra-se mais sensível que *Lepomis macrochirus* (Tabela 3).

Comparada com as outras espécies da família Cyprinodontidae, *Poecilia reticulata* mostrou-se mais sensível a sulfato de cobre do que *Poecilia mexicana* (Berg & Just, apud McKim *et al.*, 1971) *Gambusia affinis* (Joshi & Rege apud Speha *et al.*, 1981).

Tabela 1 — Mortalidade acumulada segundo a concentração do agente tóxico e o tempo de exposição.  
Número de mortos acumulados

Concentração*	24 h	48 h	72 h	96 h
0,056	—	01	01	01
0,075	—	02	04	04
0,100	02	07	07	08
0,130	04	07	08	10
0,180	09	10	10	10
0,240	09	10	10	10
0,320	10	10	10	10
Controle	—	—	—	—

Tabela 2 — CL50 segundo o tempo de exposição ao agente tóxico.

Período de Exposição (h) CL50 (mg/L de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

24 h	0,134 (0,111 — 0,162)*
48 h	0,096 (0,077 — 0,119)*
72 h	0,087 (0,071 — 0,106)*
96 h	0,080 (0,068 — 0,100)*

(\*) Intervalos de confiança.

Tabela 3 — Resultados compilados da Bibliografia Internacional sobre a CL50 de diversas espécies de peixes expostos a sulfato de cobre em testes estáticos.

Espécie	Período de exposição (h)	Dureza (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )	pH	Temperatura (°C)	CL50 (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )	Referência
<i>Lepomis macrochirus</i>	24	20	7,5	25	0,86	Pickering & Henderson (1966)
<i>Lepomis macrochirus</i>	48	20	7,5	25	0,74	Pickering & Henderson (1966)
<i>Lepomis macrochirus</i>	96	20	7,5	25	0,66	Pickering & Henderson (1966)
<i>Carassius auratus</i>	24	20	7,5	25	0,094	Pickering & Henderson (1966)
<i>Carassius auratus</i>	48	20	7,5	25	0,043	Pickering & Henderson (1966)
<i>Carassius auratus</i>	96	20	7,5	25	0,036	Pickering & Henderson (1966)
<i>Poecilia reticulata</i>	24	20	7,5	25	0,130	Pickering & Henderson (1966)
<i>Poecilia reticulata</i>	48	20	7,5	25	0,073	Pickering & Henderson (1966)
<i>Poecilia reticulata</i>	96	20	7,5	25	0,036	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	24	20	7,5	25	0,038	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	48	20	7,5	25	0,028	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	96	20	7,5	25	0,023	Pickering & Henderson (1966)
<i>Lepomis macrochirus</i>	24	360	7,5	25	10,7	Pickering & Henderson (1966)
<i>Lepomis macrochirus</i>	48	360	7,5	25	10,2	Pickering & Henderson (1966)
<i>Lepomis macrochirus</i>	96	360	7,5	25	10,2	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	24	360	7,5	25	2,15	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	48	360	7,5	25	1,50	Pickering & Henderson (1966)
<i>Pimephales promelas</i>	96	360	7,5	25	1,45	Pickering & Henderson (1966)
<i>Poecilia mexicana</i>	24	32	6,8	24	1,42	Berg & Just apud McKim <i>et al.</i> (1975)
<i>Gambusia affinis</i>	96	32	7,5	27	0,20	Joshi & Rege apud Spehar <i>et al.</i> (1981)

O fato destas duas espécies apresentarem CL50 superior à obtida neste teste pode estar associado à dureza da água em que os organismos foram expostos. Este fenômeno foi evidenciado por Pickring & Henderson (1966). Os autores expuseram *Lepomis macrochirus* e *Pimephales promelas* a ensaios com soluções-teste com dureza de 20 a 360 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Para ambas as espécies a CL50 obtida nos testes realizados com dureza de 20 mg/L de CaCO<sub>3</sub> foi muito inferior.

Em vista desses resultados, a diferença da toxicidade do sulfato de cobre entre *Poecilia reticulata* e as demais espécies da família Cyprinodontidae pode estar parcialmente relacionada com a dureza da água.

As águas da região de São Paulo, pelos padrões de dureza e alcalinidade, são caracterizadas como muito moles ou moles (Capocchi, 1964). Nestas condições pode então ocorrer um aumento da toxicidade do sulfato de cobre, para a espécie estudada.

Segundo publicações da Cetesb (1984), as águas do Estado de São Paulo atingem freqüentemente 27,0°C. Cairns et al. (1975) afirmam que a toxicidade do sulfato de cobre aumenta com a temperatura, de forma direta ou indireta, porém, citam Rehwooldt et al (1972), que trabalharam com várias espécies de peixes de água doce, concluindo que a TLM para 24, 48 e 96 h para o cobre não é influenciado pela temperatura, cujo intervalo, testado pelos autores, se situou entre 15 e 28°C.

Deve-se considerar que *Poecilia reticulata* é muitas vezes encontrada na água superficial. Jones (1964), observou que os peixes não têm capacidade para detectar a presença de cobre e, portanto, não fogem quando da presença deste na água. O sulfato de cobre é aplicado na superfície da água, onde a variação da temperatura é maior, e onde são atingidas temperaturas mais altas. Entretanto, Cairns et al., no trabalho citado, afirmam que do aumento de temperatura decorrem outros fatores interessantes, como o aumento de atividade metabólica, redução no teor de oxigênio dissolvido e aumento de motilidade em peixes, por exemplo, que podem indiretamente intensificar os efeitos deste metal sobre os organismos aquáticos, especialmente em peixes.

### Conclusão

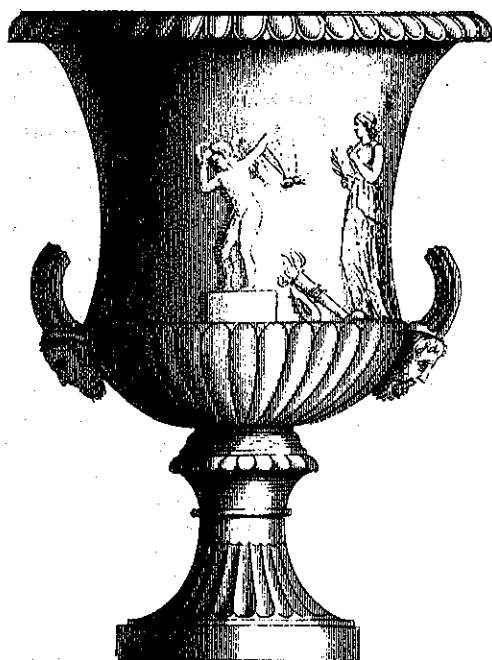
Pelos resultados obtidos, concluiu-se que *Poecilia reticulata*, em água com dureza e alcalinidade baixas e sob temperatura elevada, apresenta sensibilidade moderada ao sulfato de cobre, em relação a outras espécies testadas em condições semelhantes.

Pode-se concluir ainda, que as condições comumente encontradas nos corpos d'água do Estado de São Paulo — baixa dureza, baixa alcalinidade e altas temperaturas — concorrem para magnificar a sensibilidade de *Poecilia reticulata* ao sulfato de cobre.

### Referências Bibliográficas

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 15 ed. New York, APHA p.615-753, 1980.
- BRANCO, S.M. *Observações sobre o comportamento de peixes em presença de certos compostos dissolvidos na água*. *Revta. DAE*. 21(37):37-41, 1960.
- BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 616 pp., 1986.
- BRINKHURST, R.O. & COOK, D.G. Aquatic earthworms (Annelida: Oligochaeta) in: Hart & Fuller (ed.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. New York, Academic Press p.143-156, 1974.
- BURKE, W.D. & FERGUNSON, D.E. Toxicity of four insecticides to resistant and susceptible mosquito fish in state and flow solutions. *Mosquito News*, New York 29(1):96-101, 1969.
- CAIRNS, Jr. J., HEALTH, A.G. & PARKER, B.C. The effects of temperature upon the toxicity of chemicals to aquatic organism. *Hydrobiologia* 47(1):135-171, 1975.
- CAPOCCHI, J. *Levantamento da dureza de águas municipais consumidas no Estado de São Paulo — Brasil*. (Tese de Livre-Docência — Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo). 36pp., 1964.
- CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. São Paulo Cetesb, 134pp., 1984.
- CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Programa bioensaios. Relatório Parcial n. 3, Atividade de 340049 — setembro a dezembro*. São Paulo Cetesb, 125pp., 1977.
- DELAVECCHIA, M.L. *Tolerância a íons cúpricos em Acará, Geophagus brasiliensis (Quoy & Gaimard, 1824) Pisces Cichlidae*. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos), 1981.
- DOUDOROFF, P. & KATZ, M. Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish. II — The metals as salts. *Sewage and Industrial Wastes*. 25(7):802-839, 1953.
- FURMANSKA, M. *Studies of the effect of copper, zinc and iron on the biotic components of aquatic ecosystems*. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 26(1/2):213-220, 1979.
- HARMAN, W.N. Snails (Mollusca: Gastropoda) In: Hart & Fuller (eds.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. New York, Academic Press. p.275-314, 1974.
- HOBBS, Jr. H.H. & HALL, J.R.E.T. Crayfishes (Decapoda: Astacidae). In: Hart & Fuller (eds.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. New York, Academic Press. p.194-214, 1974.
- JONES, J.R.E. *Fish and river pollution*. London, Butterworth, 223pp., 1964.
- KATZ, M. & CHADWICK, G.G. Toxicity of endrin to some Pacific Northwest fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* New York, 90(4):394-397, 1961.
- KENK, R. Flatworms (Platyhelminthes: Tricladida) In: Hart & Fuller (eds.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. New York, Academic Press. p.67-81, 1974.
- LITCHFIELD, Jr., J.T. & WILCOXON, F. A simplified method of evaluation dose-effect experiments. *J. Pharm. Exp. Theor.* 96:99-113, 1949.
- McKIM, J.M., EATON, J.G. & HOLCOMBE, G.W. Metal toxicity to embryos and larvae of eight species of freshwater fish. II: Copper. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 19:608-616, 1978.
- MUIRHEAD-THOMPSON, R.C. *Pesticides and freshwater fauna*. London, Academic Press. 230pp., 1971.
- PEREIRA, H.A.S.L. *Contribuição ao conhecimento da ação algicida do sulfato de cobre, em especial sobre as cianofíceas *Microcystis flos-aquae* (Wittroch) Kirchner, São Paulo, 1978*. (Tese de doutorado — Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo).

- PETERSEN, R.C. et al. Health aspect of humic compounds in acid environments. *Wat. Qual. Bull.* 11(1):44-49, 1986.
- PICKERING, Q.H. & HENDERSON, C. The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm water fishes. *Int. Jour. Air and Wat. Poll.* 10:453-463, 1966.
- RIEMER, D.N. & TOTH, S.J. Absorption of copper by clay minerals, humic and bottom muds. *J. Am. Wat. Works Ass.*, 62(3):195-197, 1970.
- ROSEN, D.E. & BAILEY, R.M. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. *Bull. Amer. Museum Nat. Hist.* 26:1-176, 1963.
- SAWIER, R.T. Leeches (Annelida: Hirudinea) In: Hart & Fuller (eds.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. New York, Academic Press. p.82-142, 1974.
- SEMA — Secretaria Especial de Meio Ambiente. *I Seminário sobre poluição por metais pesados. — Cobre.* p.113-115, Brasília, DF, 1980.
- SHIFF, C.J. & GARNET, B. The short-term effects of three molluscicides on the microflora and microfauna of small, biologically stable ponds in Southern Rhodesia. *Bull. Wildl. Res. Org.* 25:543-547, 1961.
- SPEHAR, R.L. LEMKE, A.E., PICKERING, Q.H. ROUSH, T.H., RUSSO, R.C. & YOUNT, J.D. Effects of pollution on freshwater fish. *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 53(6):1028-1075, 1981.
- SPEHAR, R.L. CHRISTENSEN, G.M. CURTIS, C. LEMKE, A. E., NORBERG, T.J. & PICKERING, Q.H. Effects of pollution on freshwater fish. *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 54(6):877-921, 1982.
- SPRAGUE, J.B. Measurement of pollutant toxicity to fish I. Bioassay methods for acute toxicity. *Wat. Res.* vol. 3:793-821, 1969.
- WINNER, R.W. Bioaccumulation and toxicity of copper as affected by interactions between humic acid and water hardness. *Wat. Res.* 19(4):449-455, 1985.





# Impactos ambientais: a experiência alemã.

\*Celina Bragança Claudio

**RESUMO** O artigo coloca a preocupação da comunidade européia na questão da A.I.A. e, em particular, o andamento das discussões na República Federal Alemã, através de exemplos recentes de mobilização popular no caso do Aeroporto de Frankfurt, passando pela procura da melhor legislação por técnicos do Ministério do Meio Ambiente e propostas de desenvolvimento de trabalhos pela Universidade. Apesar da existência de outros mecanismos de proteção ambiental, a A.I.A. merece lugar de destaque na tentativa de união das comunidades locais até a comunidade européia como um todo.

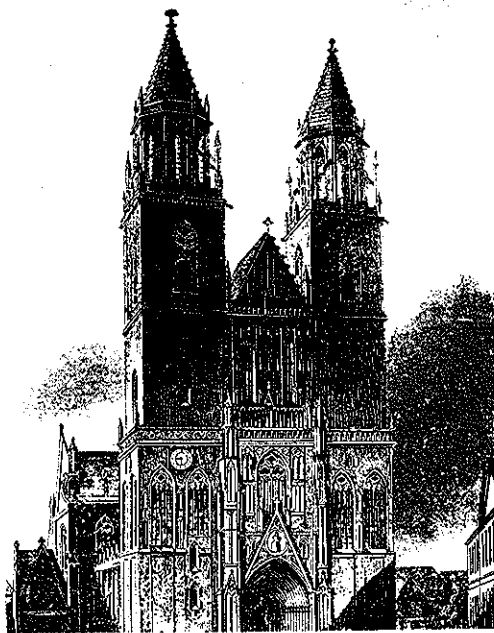
Conclui que existe um largo campo de investigação na procura de critérios, indicadores e procedimentos para A.I.A., que passa pelo conhecimento de experiências e soluções alternativas de outros países, na busca do equacionamento das questões ambientais da nossa realidade.

**Palavras Chaves:** A.I.A., C.E. — Comunidade Européia, Estudos caso, Legislação e Universidade.

**ABSTRACT:** This article point out the E.C. Environmental question particular on West Germany. Through recent example of popular mobilization in Frankfurt Airport, and the legislation research by Environmental Ministry and Developing purposes on University. Conclusion could be made about the importancy of E.I.A. Development to joint the local communities till E. C. This vision contribuits for the development mechanism aim to our reality.

**Key Words:** E.I.A' E.C. — European Community, Case Study, Legislation; University

**O Programa de ação ambiental da Comunidade Européia data de 1973. Desde então, a A.I.A. (Avaliação de Impacto Ambiental) vem sendo considerada instrumento de uma política preventiva dos danos ambientais. Desde essa época, a Comunidade preconiza a relevância de se ter o mais rapidamente possível “a incidência sobre o meio ambiente de todos os processos técnicos de planejamento e decisão”, como também a “necessidade de avaliar as conseqüências sobre a qualidade de vida e sobre o meio natural de toda medida susceptível de afetá-los, tomada ou prevista a nível nacional ou comunitário” (Sic).**



A partir do segundo programa de ação ambiental no final da década de 70, reconhece-se que a “aplicação, nos níveis administrativos apropriados, de procedimentos para avaliação das incidências sobre o meio ambiente, responde à necessidade de pôr em marcha os objetivos e princípios de uma política ambiental na comunidade”.<sup>(1)</sup>

Em 1980, o Conselho da Comunidade Européia adotou medidas para a introdução nas legislações e práticas administrativas de princípios e critérios comuns para A.I.A. das atividades mais importantes, nos Estados-membros do Mercado Comum Europeu.

O desenvolvimento do assunto se deu com a evolução de razões para a implantação, de fato, das A.I.A., com conteúdos mais exigentes, que procurassem evitar danos irreversíveis ao meio ambiente, além de custos sociais, devido a decisões errôneas, como também pelas atividades mais significativas susceptíveis de gerar impactos importantes, tendo em vista a criação de um conteúdo mínimo para os estudos de impacto na Comunidade Européia.

Uma vez que a meta seria a colocação da A.I.A. no processo de decisão, independentemente dos distintos sistemas e procedimentos das atividades de planejamento,

\* Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela FAU-USP e Arquitecta da Cetesb.

com a realização de obras e as seqüentes autorizações administrativas nos diversos Estados-Membros da comunidade, adotou-se a seguinte medida: o Conselho da Comunidade Européia estabeleceu para seus membros a data final de 02-07-88 para a apresentação das diretrizes de referência para o estudo e Avaliação de Impacto Ambiental (A.I.A.). (2)

### Discussão na Alemanha

Na República Federal Alemã, há o Ministério do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança dos Reatores. Este Órgão articula a colocação, no Conselho da Comunidade Européia, da necessidade de uniformização e regulamentação das atribuições a níveis federal, estadual e local da A.I.A.

Diversas discussões ocorrem entre especialistas em direito ambiental a respeito das dificuldades na introdução e início das exigências orientadas pela Comunidade Européia referentes ao Decreto n.º 85/337/EEC.

A questão é vista com reservas por alguns especialistas na RFA, do qual o problema do Aeroporto de Frankfurt é um exemplo; mas não o é para muitos ambientalistas — que reconhecem no termo "Umwelverträglichkeitsprüfung" (Avaliação de Impacto Ambiental) UVP (ou A.I.A.) uma garantia de previsão dos impactos, antes da agressão do meio ambiente, evitando assim que, no futuro, apenas se grite sobre a violência praticada contra qualquer degradação ambiental, e bem antes que ela ocorra efetivamente.

A A.I.A. na República Federal Alemã já era prevista desde 1971. Em 1975, quatro anos mais tarde, o governo ainda adiava a introdução da A.I.A., visto que adotou os princípios de avaliação dos impactos ambientais para as ações desenvolvidas pelas autoridades federais, sem os estudos de impacto estarem com regulamentação jurídica específica. (1)

Em 1979, oito anos depois, a comissão interna do Parlamento apontava este procedimento como ainda em desuso. (3)

Só em 1988, devido à pressão da Comunidade Européia, o governo alemão viu-se forçado a negociar, para que o instrumento de A.I.A. se tornasse obrigatório, realizando-se, assim, um antigo desejo dos defensores ambientais.

O Ministério do Meio Ambiente foi favorável ao artigo de lei. Mas havia um consenso de que em toda legislação ambiental alemã existente — como a lei federal de proteção às emissões, a lei que regulamenta a atividade nuclear, o código de obras, o código de construção de rodovias, a lei de proteção de águas para abastecimento e outras mais — já se protegia suficientemente o meio ambiente. Técnicos do próprio Ministério do Meio Ambiente consideram algumas leis específicas para A.I.A. como sendo supérfluas, devido à variedade de legislação ambiental existente nos diversos níveis de decisão local, regional e federal, e também ao fato de que cada órgão respectivo tem como punir qualquer agressão ambiental. Teme-se, contudo, que ao final todos os esforços para reforçar o instrumento A.I.A., na forma do artigo de lei, sejam desta forma desarticulados. (3) No próprio Ministério, aliás, a questão vem sendo discutida como se pode depreender do artigo da revista "UMWELT" n.º 5, de setembro de 1987, onde propostas para a instrumentalização da A.I.A. são colocadas. O documento (4) aborda o

desenvolvimento tardio do instrumento A.I.A. e coloca 15 itens para discussão, que são os seguintes:

- 1 — Função da A.I.A.
- 2 — Campo de atuação
- 3 — Quando proceder
- 4 — Momento necessário
- 5 — Treinamento para o Documento Básico e Responsabilidade/Competência para os procedimentos
- 6 — Conteúdo dos dados do empreendedor
- 7 — Participação de perito externo
- 8 — Vigilância/Monitoramento e revisão
- 9 — Participação pública (essência, função, idéia, tipo e modo)
- 10 — Cooperação nos parâmetros
- 11 — Documento próprio e permanente
- 12 — Regulamento sobre a A.I.A. no processo de decisão
- 13 — Organização do processo de A.I.A.
- 14 — Qualidade da colocação no Direito
- 15 — Autoridade pública e revisão da avaliação.

O documento enfatiza a necessidade de que a avaliação de impacto não seja meramente um estudo, ou parecer, mas um procedimento regulamentado pelo Estado, que viria, assim, prestar uma contribuição essencial para uma conduta uniforme e compreensiva na colocação de diretrizes da A.I.A. nos diversos níveis — local, estadual e federal —, além de também atender às exigências da Comunidade Européia.

### A Procura da Melhor Lei

Esta outra linha de desenvolvimento legal para A.I.A. acima apontada (e que é objeto de discussão) é a legislação própria tão desejada pelos defensores ambientais.

Edmund Spindler, Diretor do Departamento de A.I.A. na Faculdade de Planejamento Territorial de Dortmund, que possui um Banco de Documentação e Informação de A.I.A. (5), é da opinião de que: "A melhor solução seria uma lei ambiental própria que regularizasse a intenção da A.I.A."

"A avaliação deve ser realizada por órgão politicamente independente", diz. Segundo Spindler, para pagar este "preço de liberdade", o órgão deve "apenas recomendar e não decidir". Os esclarecimentos dos impactos realizados pelo órgão ambiental seriam enviados ao órgão público responsável pela decisão. O autor afirma que a proposta de lei, originada na Liga Alemã de Proteção da Natureza (DNR), uma vez efetivamente implementada, facilitaria o aspecto preventivo nas ações determinantes de uma degradação ambiental. Torna-se, aqui, a propósito digna de registro a proposta de lei da Liga Alemã de Proteção da Natureza (DNR), através da citação de dois documentos. O primeiro é um estudo sobre "UVP — Chance und Herausforderung für Die Europäische Umwelt Politik"/ "A.I.A. — Chance e Desafio para a Política Ambiental Européia" (6) e o segundo, a Lei para Realização/Efetivação ("Gesetz zur Durchführung der UVP") da A.I.A. (7)

A entidade, (DNR), que abriga defensores ambientais, quer bem mais do que preconizar as diretrizes da Comunidade Européia; ela deseja que se coloque a necessidade de que a avaliação não deve se dar apenas para alguns grandes projetos, mas também para todos os planos públicos e privados que afetem o meio ambiente. Neste sentido, a entidade apresenta proposta de lei no segundo

documento citado, com todo antecedente da matéria. Trata-se de uma proposta de organização a nível estadual, e que se preocupa com os inconvenientes da falta de legislação específica de A.I.A., por estarem estas incluídas no processo de planejamento interno aos órgãos de Administração Pública, o que torna difícil a intervenção do público imediatamente envolvido.

De qualquer forma, com artigo de lei ou com legislação própria, sempre se ergue um punho em favor da A.I.A. entre os conscientes e ciosos cidadãos alemães. O caso da ampliação do Aeroporto de Frankfurt é um exemplo de mobilização popular e de como a questão da A.I.A. ocorreu naquele país.

### Mobilização de Frankfurt e Experiências

O governo do estado de Hessen promoveu a realização de um estudo de impacto ambiental a respeito da ampliação da terceira pista de decolagem do Aeroporto de Frankfurt e as possíveis medidas mitigadoras.

Efetivamente, como relata a Revista Kosmos (3), antes do término da avaliação, a pista complementar era então um projeto definido; mas no balanço entre as vantagens e desvantagens ambientais relevantes, confirmaram-se as alterações ecológicas, só que não a renúncia do projeto. Após a aprovação deste, independentemente da realização do estudo e da avaliação de impacto, a pista foi construída sobre 250 ha. de florestas, onde 500.000 árvores foram cortadas, apesar das manifestações ocorridas contra a ampliação, e da morte de dois policiais em novembro de 87. Uma pista de 600m. de largura corta hoje "Monchwald".

Estivesse a A.I.A. ancorada legalmente, seria preciso avaliar cuidadosamente as possíveis alterações no meio ambiente, além de questionar se, ao invés da construção de uma nova pista, não seria suficiente a ampliação do Aeroporto pelo aumento das pistas existentes.

O desenrolar dos acontecimentos mostrou que, mesmo com o vai-e-vem do estudo e avaliação dos impactos ambientais, (além das considerações, já em 1982, de que os efeitos ecológicos irreparáveis trazidos pela pista oeste recusassem a autorização da construção, somando-se ainda a mobilização popular) — nada impediu que a obra fosse realizada.

Pelo exame deste caso, os defensores do meio ambiente na R.F.A. esperam que através da legislação ambiental tal procedimento mereça maior reflexão quando da execução de empreendimentos do mesmo porte no futuro.

A falta de legislação específica para A.I.A., já citada anteriormente, é uma dificuldade que concorre para que as avaliações se tornem menos efetivas do que o desejável. Outra dificuldade apontada, é de que, estando a avaliação incluída no processo interno de planejamento, a Administração Pública não permite a atuação de outros setores na tomada de decisão.

Estudos como o caso de Frankfurt, e outros realizados como exercícios do estado de Hessen, citados na Revista Kosmos, tornaram-se puramente informativos, visto que a política de introduzir a A.I.A. permaneceu até então do lado de fora do processo de decisão.

Algumas experiências positivas são no mesmo artigo relatadas, como por exemplo o do grupo de trabalho da cidade de Karlsruhe, onde previsões otimistas sobre o procedimento são colocadas. "O processo, tornando-se rotineiro, se institucionalizará", diz o artigo que prossegue com observações sobre projetos que foram objeto de

avaliação. No total destes 31 projetos julgados, 50% foram avaliados como "críticos", e com sérios danos sobre o meio ambiente; 25%, como "não críticos" colocando medidas de otimização recomendadas; 10% como "um pouco críticos" e 15% dos projetos foram considerados "não danosos ao meio ambiente". A conclusão da experiência de Karlsruhe, é de que cada relatório, ao invés de ficar restrito ao âmbito interno da Administração Pública, deve ser avaliado junto ao Conselho Comunitário, do Parlamento da Comunidade e da Administração, podendo então se discutir sobre a execução ou não do projeto. As recomendações serviram como instrumento da tomada de decisão de modo que ninguém responda pela decisão errada.

### Universidade e A.I.A.

A experiência de A.I.A. na Universidade tem como referencial o trabalho do Professor Spindler, da Faculdade de Planejamento da Universidade de Dortmund (5). Ele espera que a "A.I.A. não se torne um alibi barato para os órgãos técnicos", mas sim um instrumento efetivo de proteção ambiental. Para isso, ele concorda que é necessário definir as regras do jogo. Em Dortmund e outros locais, espera-se ansiosamente pelos resultados. A própria Universidade possui um Banco de Dados que armazena informações sobre correntes procedimentos de A.I.A. (UVP-Sammelstelle).

Também a Universidade de Dortmund o INFU — Instituto de Proteção Ambiental — Desenvolve pesquisa metodológica na A.I.A. O Instituto programa modelos para as Comunidades Municipais da região do Ruhr, antes da discussão pela integração das diretrizes da Comunidade Europeia em relação ao instrumento de A.I.A. Práticas e orientações junto à Administração Municipal e à união dos Municípios são elaboradas cooperativamente com o Instituto, pois, como vimos anteriormente, nenhum município introduziu em suas legislações a A.I.A.

Em algumas situações, há o problema da oposição da Comunidade sobre o projeto a nível municipal. No intuito de evitar esta inadequação do espaço municipal reservado pela Comunidade, o Instituto desenvolve alguns trabalhos. Num deles, realizado pelo INFU — Instituto de Proteção Ambiental, na cidade de Dusseldorf, (8) apresenta-se em seu relatório de 87, primeiramente discussões sobre as formas do gerenciamento administrado para a proteção ambiental, continuando pela conceitualização ambiental que define precauções contra os danos ambientais.

Com base na avaliação do procedimento estudado no caso da cidade de Dusseldorf, sugerem-se contribuições relativas à melhoria da sistemática de avaliação ambiental, através do desenvolvimento de um quadro de questões propostas e as possíveis soluções, como instrumento mais adequado e útil para a etapa seguinte. O quadro anterior é pré-requisito para a parte principal do trabalho, que é a análise comparativa dos dados e estado do ambiente, incluindo a avaliação e proposições para o procedimento de planejamento ambiental da cidade.

O Instituto de Proteção Ambiental — INFU — da Universidade de Dortmund desenvolve pesquisas no ramo da importância das cidades com os seguintes pontos mais importantes para seus estudos: conceituar procedimentos de A.I.A. nos municípios; auxiliar o aperfeiçoamento de conteúdo metodológico; integrar os procedimentos de A.I.A. no planejamento; identificar e sistematizar as informações ambientais; discutir no próprio Município as

questões de qualidade ambiental e concluir com princípios que visem a uma conceituação de procedimentos ambientais apropriados. Portanto, através destes pontos, a meta de trabalho do Instituto é dar assistência às cidades da região do Ruhr, procurando a integração administrativa de procedimentos aceitáveis e adequados de A.I.A.

É desse modo que trabalha a União Municipal de algumas regiões alemãs. Futuramente, outros preparam conceitos correspondentes de A.I.A. buscando avaliações comuns à União de Municípios. Assim, estarão fortalecidas as preocupações ambientais para futuras tomadas de decisão. As linhas recomendadas (9) pelos estudos do Instituto, que devem ser consideradas para os ajustes nos procedimentos de A.I.A. são descritas em seguida:

- As diferentes amplitudes dos Municípios e respectiva visão sobre a capacidade do emprego de procedimento de A.I.A., na colocação de seus problemas;
- O conhecimento já existente no Município sobre Proteção Ambiental, deve ser recebido pelo órgão superior;
- As formas de organização existente de procedimentos não devem, na medida do possível, ser transformadas, “mas prudentemente desenvolvidas”;
- O modelo desenvolvido existente, igualmente, deve ser transmitido por outros Municípios;
- Um modelo pode ser conhecido e fechado, mas junto pode ser construído e adicionado um outro procedimento, tendo em vista outro mais completo;
- Para posteriores procedimentos, as preocupações ecológicas estarão e passarão a ser correntes quando se tomam estas medidas nos procedimentos concebidos inicialmente.

Concluindo: o existente e intensivo contato político e administrativo com o Município e também entre a Universidade e órgãos de pesquisa confirma a correta atitude e avanço do Infu — Instituto de Proteção Ambiental no desenvolvimento de procedimentos para A.I.A. Perseguindo este contato entre os vários organismos públicos acadêmicos e privados que estejam diretamente sensibilizados com a questão da implantação do mecanismo de A.I.A., aconteceu o primeiro Congresso Municipal, realizado em março de 1988 na Albert-Ludwigs Universität de Freiburg. A intenção dos organizadores foi: informar todos os aspectos institucionais e legais para uniformizar o

A.I.A.; promover a troca de experiências entre as comunidades assim como entre teoria e prática, averiguando as necessidades de pesquisa, e propor o aperfeiçoamento da ainda não concluída Lei Federal exigida pela Comunidade Européia em 1988 (2)

Os resultados foram documentados com propostas e recomendações trazidas por mais de 600 técnicos participantes, entre administradores públicos municipais, escritórios de planejamento e consultoria privada, além dos órgãos de pesquisa e ciência. As medidas de procedimento e métodos, discutidos à luz dos problemas encontrados como as dificuldades legais e restrições políticas, foram dirigidas aos legisladores estaduais e federais.

## Conclusão

O que se supõe esteja claro aqui, é que o procedimento de A.I.A. é algo novo na R.F.A. e que, devido à existência de outros mecanismos de proteção ambiental, ainda persiste certa resistência na aplicação deste instrumento. Dada a falta de base legal específica, os defensores ambientais alemães colocam a necessidade de que as decisões sejam transparentes à Comunidade. Observando que as medidas de prevenção à Proteção Ambiental frequentemente são mais baratas que a correção de danos, a A.I.A. concorre cada vez mais como elemento indispensável para qualquer trabalho técnico. Também na R.F.A., o gerenciamento da A.I.A. necessita de pessoal técnico, equipamento, Banco de Dados mínimos, que devem ser instituídos rapidamente nas Uniões Municipais.

Portanto, não é apenas no Brasil que estamos em dificuldades (10). No Brasil, apesar da Resolução Conama 001/86 ter regulamentado o instrumento de A.I.A., são notórios os obstáculos encontrados para a sua implementação. (11) Deste modo, pode-se concluir que as sugestões e recomendações de estudos e pesquisas de outros países auxiliem e queimem etapas para a melhor adequação, tornando-se viável este instrumento de rotina para qualquer empreendimento impactante ao meio ambiente.

O largo campo de investigação aberto na área permitirá estudos cada vez mais objetivos que visem ao conhecimento específico para a implantação dos procedimentos mais adequados para A.I.A.



# Efeitos do óleo nas folhas de mangue<sup>1</sup>

Fábia de Oliveira Rodrigues<sup>(2)</sup>  
Débora Orgler de Moura<sup>(2)</sup>  
Cláudia Condé Lamparelli<sup>(3)</sup>

**RESUMO** Neste trabalho realizado em áreas de manguezal da Baixada Santista do litoral do Estado São Paulo, foram estudados os efeitos do petróleo em *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* durante um período de quatro anos. Inicialmente, observou-se uma acentuada desfolhação e, a longo prazo, foi constatado um aumento da superfície foliar e uma diminuição da porcentagem de pastejo para as três espécies. Além disso, foram feitas observações sobre o aspecto das folhas, tais como: alterações de pigmentação, textura e forma.

O estudo das alterações morfológicas ocorridas como resposta a derramamentos de óleo se constitui em importante instrumento para a compreensão dos efeitos de um tensor sobre o ecossistema, o que contribui para a implementação de uma metodologia prática de avaliação de impacto baseada em padrões ambientais.

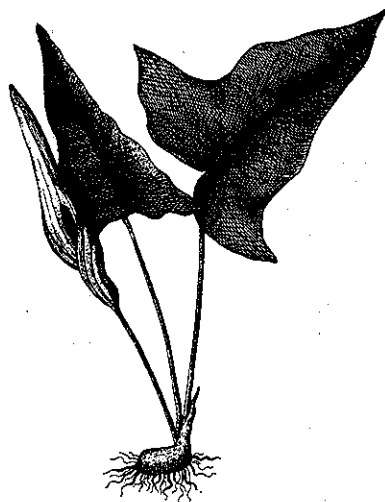
**Palavra-chave:** derramamento de óleo, manguezal, impacto ambiental, estuário, ecossistema e Baixada Santista.

**ABSTRACT** The effects of oil on *R. mangle*, *L. racemosa* and *A. schaueriana* at Baixada Santista, on the coast of the state of São Paulo (Brazil) were studied during a four year period. The results showed a high defoliation rate, an increase of leaf area and a reduction of grazing percentage for the three species. Furthermore, other aspects concerning leaf appearance as color alterations, texture and shape were also observed.

It is very important to study the morphological alterations that occur in mangroves in response to oil spills, in order to bring the understanding of how the oil affects the ecosystem and so contribute to the implementation of impact evaluation methodology based on environmental standards.

**Key words:** oil spill, mangroves, environmental impact, estuary, ecosystem, Baixada Santista.

**Dentre as inúmeras fontes de poluição relacionadas aos portos e terminais marítimos que contribuem para a degradação da Baixada Santista, destacam-se os derramamentos de petróleo. Em 14 de outubro de 1983, aproximadamente 2.500 toneladas de petróleo foram lançadas no Canal da Bertioiga, através do rio Iriri, devido ao rompimento do oleoduto da Petrobrás (Cetesb, 1983).**



Pela quantidade de petróleo derramado e extensão da área atingida, este acidente caracterizou-se como o maior derramamento já verificado no litoral brasileiro, atingindo uma superfície de 100km<sup>2</sup> na zona costeira, vindo a se constituir no primeiro processo judicial brasileiro por danos ambientais (Schaeffer-Novelli, 1986). A região é ocupada por extensas áreas de manguezal que foram seriamente afetadas e que são consideradas áreas de preservação ambiental permanente pelo seu grande valor ecológico, além de constituírem fonte importantíssima de alimento para a zona costeira. Admite-se que 90% dos peixes marinhos consumidos pelo homem são provenientes de zonas costeiras e, destes, cerca de dois terços dependem direta ou indiretamente dos estuários e mangues (Branco & Rocha, 1980).

Segundo Gundlach & Hayes (1978), o manguezal é considerado o mais sensível dentre os ecossistemas costeiros e, portanto, o de maior vulnerabilidade aos efeitos decorrentes de derramamentos de óleo. Além disso, é importante ressaltar também que não existem técnicas que

(1) Trabalho executado com apoio da Organização dos Estados Americanos, através do "Programas Regionales de Desarrollo Educativo, Científico y Tecnológico y Cultural de la OEA (PRDCYT)", "Projeto: Levantamento de subsídios e instrumentação para o gerenciamento de áreas costeiras ecologicamente sensíveis.

(2) Biólogas da Cetesb

(3) Bióloga da Cetesb, Mestre em Ecologia.

permitam limpar ou remover completamente o petróleo dos manguezais. Deste modo, constantes episódios de contaminação de águas litorâneas por petróleo e derivados, geralmente de grande intensidade, exigem um claro conhecimento dos impactos provocados pelo óleo em áreas de manguezal, para prevenção e avaliação de futuros eventos.

Segundo Lugo (1987), é importante estudar áreas de manguezal impactadas com o mesmo interesse com o qual se estuda manguezais sem alterações; pois isto contribui para o entendimento dos limites de intervenção humana nestes sistemas, além de se compreender como um tensor afeta a resposta do sistema a outro tensor.

A literatura referente a derramamentos de óleo em áreas de manguezal, na sua maioria, é constituída por relatos de impactos agudos resultantes do evento (Snedaker, 1985), e cita apenas metodologias empregadas na avaliação desse tipo de impacto. Além disso, são poucos os trabalhos que trazem referência a uma metodologia adequada para se documentar o impacto crônico.

Assim sendo, procurou-se, neste trabalho, desenvolver um acompanhamento que preenchesse essas necessidades, registrando não apenas os efeitos imediatos decorrentes do impacto, como também aquelas modificações do ecossistema que demandam um período de tempo mais longo para se manifestar.

A resposta normal dos manguezais expostos à cobertura por petróleo parece ser a rápida queda das folhas, bem como a conseqüente susceptibilidade das novas folhas a deformações, redução no tamanho, verificando-se também um maior ataque por insetos (Lugo et alii, 1980).

Foi demonstrado que os primeiros mecanismos de toxicidade estão relacionados com a entrada do óleo pelas raízes, sendo transportado para o caule e folhas durante o processo de transpiração (Getter et alii, 1985). Deste modo, o estado das folhas constitui um indicador sensível à condição de tensão ou "estresse" em que se encontra o manguezal. Portanto, uma análise cuidadosa das folhas das espécies de mangue, após um derramamento de óleo, revela uma série de sintomas relacionados com os efeitos desse poluente sobre o ecossistema. Outra variável que pode ser medida nas folhas é a porcentagem de pastejo, ou herbivoria, que também reflete as condições ambientais do ecossistema.

Nesse sentido, foram propostos como objetivos: fazer um acompanhamento a longo prazo da evolução dos efeitos agudos e crônicos do óleo sobre o mangue, registrando as alterações foliares provocadas pelo impacto; desenvolver uma metodologia adequada para o monitoramento e avaliação desse tipo de impacto ambiental, aprimorando e elaborando técnicas metodológicas para a obtenção dos dados relativos a impactos em manguezais; selecionar, dentre as variáveis acompanhadas, as mais apropriadas como indicadores de avaliação da qualidade ambiental.

Cabe ressaltar que, com o intuito de aprofundar melhor a discussão, este artigo analisa apenas os dados relativos às alterações foliares que constituem parte de um estudo mais abrangente onde foram avaliados outros parâmetros relacionados à estrutura do bosque (Cetesb, 1989).

### Metodologia

O acompanhamento teve duração de quatro anos, realizando-se no período de fevereiro de 1984 a agosto de 1987. Em função do desconhecimento inicial da velocidade

de ocorrência das possíveis alterações, a periodicidade dos trabalhos de campo foi sendo alterada no decorrer do estudo, passando de mensal, no primeiro ano, para sazonal no biênio de 1985-86, e semestral em 1987.

Para a escolha das estações de amostragem, levou-se em consideração a sua localização com relação à fonte poluidora e circulação de água, já que este é um fator de grande importância para a permanência do contaminante no ambiente. A estação 1, denominada Caiubura, situa-se no Canal da Bertioga a jusante da desembocadura do rio Iriri, onde se encontra a estação 2, que leva o mesmo nome do rio. Deste modo, a estação 2 está localizada mais próxima ao local do rompimento do oleoduto. Além disso, a estação Caiubura está mais sujeita às variações de maré, apresentando um maior fluxo de água no interior do bosque. Já a estação 3, Largo do Candinho, encontra-se à margem direita do rio que desemboca no Largo do Candinho e não tendo sido atingida por esse derramamento foi selecionada como controle (Fig. 1).

Durante as amostragens, foram coletadas, de forma aleatória, 50 folhas verdes expostas ao sol e 50 folhas senescentes das três espécies de mangue (*Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*). Para as folhas verdes, obteve-se medidas do comprimento e largura e das senescentes, área foliar e porcentagem de pastejo. Para cada uma destas variáveis, foram calculadas as médias e o desvio padrão para cada estação (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986).

Considerando o objetivo deste estudo e o fato de que os dados obtidos constituem uma Série Temporal Discreta, calculou-se as médias móveis associadas a cada uma destas séries e construiu-se as respectivas curvas de tendência, com o propósito de visualizar melhor as alterações ocorridas nos bosques e elaborar-se hipóteses quanto à tendência temporal observada. Estas curvas constam em Cetesb (1989) sendo que um exemplo é apresentado na Figura 2.

O emprego da análise estatística cuja metodologia foi descrita por Box & Jenkins (in Morettin & Toloi, 1981) teve como objetivo confirmar as tendências observadas nas curvas das médias móveis, possibilitando também a comparação entre as alterações constatadas para os diversos parâmetros para as três estações.

É importante ressaltar que, ao se comparar os dados de largura e comprimento (folhas verdes) com os de área foliar (folhas senescentes), está se fazendo uma comparação entre duas populações distintas de folhas. No entanto, considerou-se possível compará-las, já que esta separação é apenas temporal.

### Resultados

As médias anuais dos dados relativos às modificações foliares quantitativas e a herbivoria das três espécies de mangue nas diferentes estações encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3.

Além da apresentação dos dados em forma de tabela, relata-se a seguir a descrição da evolução das alterações dos diversos parâmetros, baseada no comportamento das curvas das médias móveis. A abreviação entre parênteses representa o número de meses após o derramamento.

### Estação Caiubura

Com base nas curvas de tendência das medidas de folhas de *R. mangle*, foi possível observar que essas aumentaram de tamanho, a partir de fevereiro/85 (16 M). Nota-se que a área foliar aumentou principalmente em

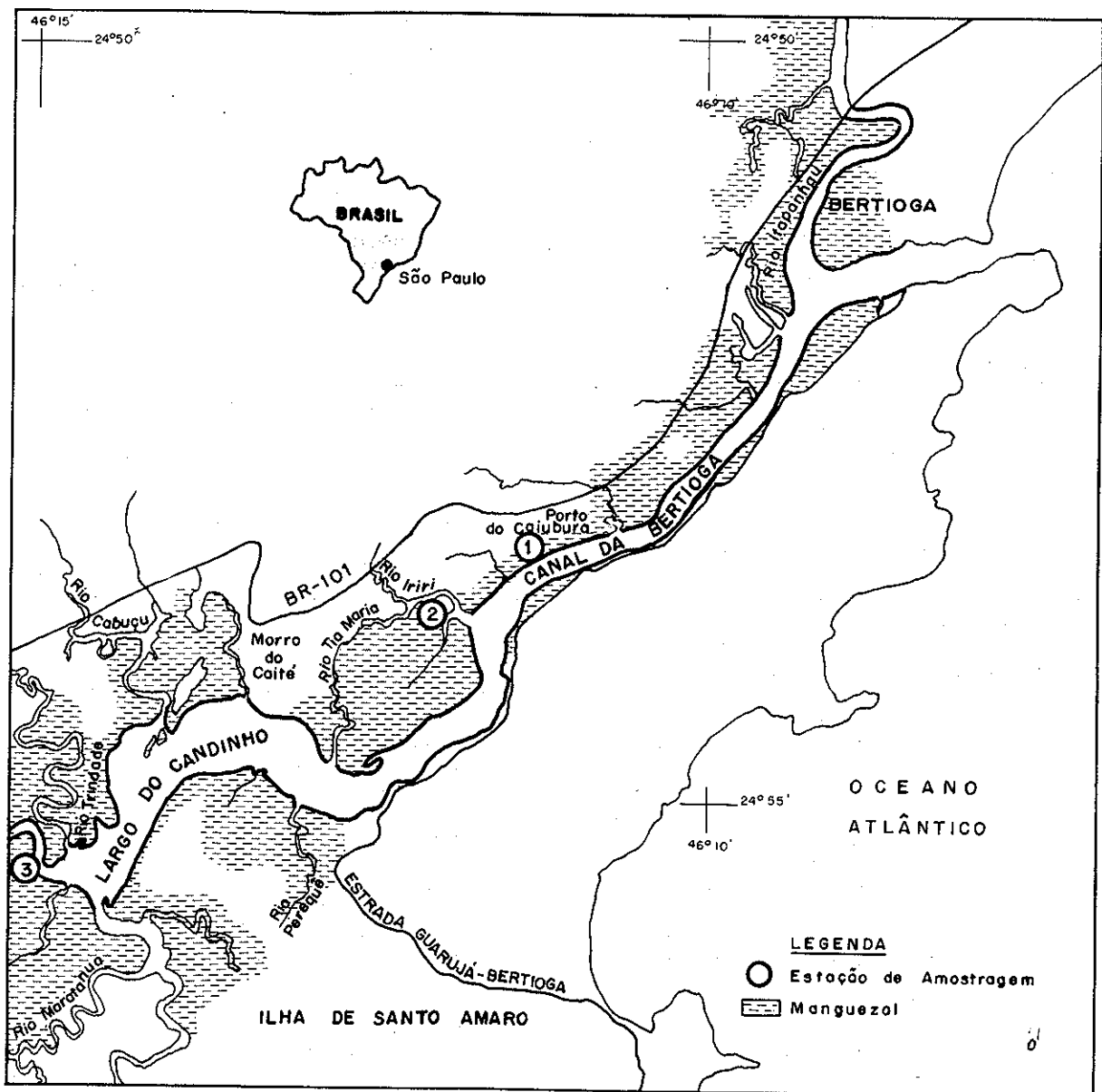


Figura 1 — Localização das 3 estações de amostragens, estação Caiubura (1), estação rio Iriri (2), estação Largo do Candinho (3). Carta topográfica de Bertioga (fonte IGGDP, 1971).

função do comprimento, pois o comportamento das curvas é semelhante, sendo que o aumento da largura foi contínuo. Com relação às folhas de *L. racemosa*, para as três medidas observadas, notou-se também um aumento, embora este tenha se iniciado em julho/84 (9 M). Para *A. schaueriana*, observou-se um aumento de seu tamanho, sendo que este foi mais significativo a partir de agosto/85 (22 M), no que se refere ao comprimento e à largura. Já a área foliar mostrou um aumento contínuo desde maio/84 (7 M).

A porcentagem de pastejo sobre as folhas das três espécies de mangue diminuiu ao longo do período de amostragem, sendo que para *A. schaueriana* essa diminuição foi menos acentuada.

#### Estação rio Iriri

De uma maneira geral, a área foliar das três espécies estudadas aumentou, sendo que este aumento tornou-se mais efetivo por volta de novembro/84, o que corresponde, aproximadamente, a um ano após o derramamento.

Com relação à porcentagem de pastejo sobre as folhas, observou-se para todas as espécies um decréscimo da mesma, principalmente a partir de maio/84.

#### Estação Largo do Candinho

Com base nas medidas foliares, pode-se notar que, de uma maneira geral, houve um aumento no tamanho das folhas das três espécies. No entanto, esse aumento não seguiu nenhum padrão comum.

Figura 2 — Curva das Médias Móveis (11 termos) diária foliar ( $\text{cm}^2$ ) de folhas semecentes R. Mangle da estação rio Iriri.

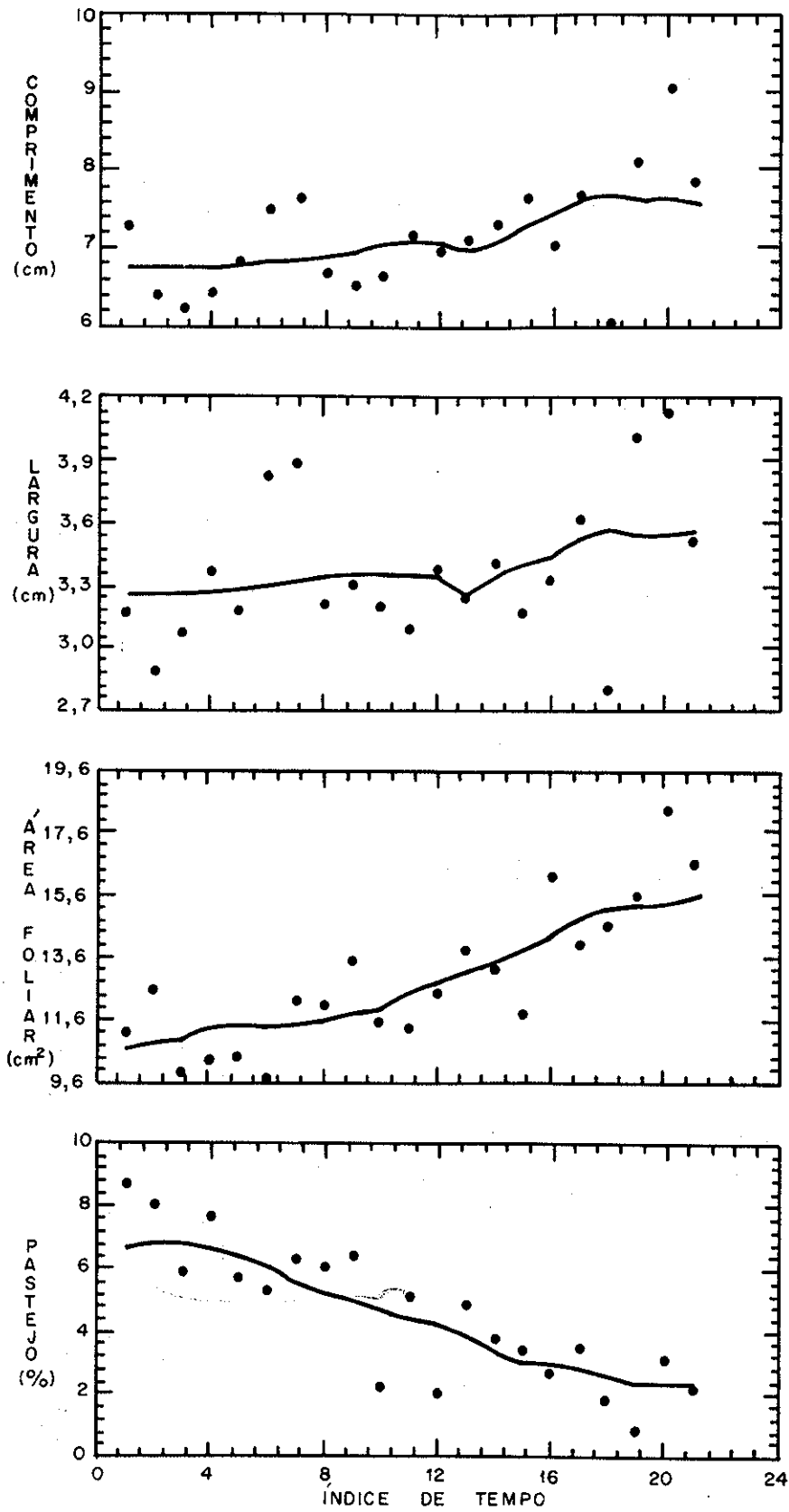




Tabela 1 - Dados referentes aos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão (S) do comprimento e largura, área foliar e pastejo de *Rhizophora mangle* (Rh) *Laguncularia racemosa* (Lg) e *Avicennia Schaueriana* (Av), da estação Caiubura.

SP	DATA	COMPRIMENTO (cm)				LARGURA (cm)				ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )				PASTEJO (%)			
		MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S
R H	1984	5,3	14,5	10,36	0,60	2,5	6,7	4,84	0,24	2,30	47,24	32,89	2,45	0,69	7,41	3,37	2,23
	1985	6,4	14,7	10,74	0,48	2,9	7,0	4,85	0,17	10,80	60,30	33,49	3,74	2,04	4,73	3,11	1,00
	1986	7,4	15,0	10,78	0,84	3,4	6,6	4,95	0,28	12,13	62,95	32,67	6,45	0,15	2,47	1,00	0,89
	1987	9,2	14,6	11,81	0,11	3,8	6,8	5,25	0,04	12,00	69,64	39,11	0,20	1,12	1,21	1,17	0,04
L G	1984	4,0	13,7	7,52	0,54	1,7	7,8	3,70	0,26	2,70	60,50	19,47	2,42	3,43	9,06	5,77	1,44
	1985	3,9	12,9	9,11	0,53	2,2	6,2	4,20	0,28	3,60	61,80	27,56	4,51	2,46	3,11	2,71	0,24
	1986	3,1	13,7	8,96	0,43	1,9	6,3	4,58	0,32	6,35	56,50	24,97	1,70	0,61	2,27	1,52	0,63
	1987	5,7	12,8	9,27	0,57	2,5	6,1	4,24	0,20	9,46	54,49	25,19	0,54	1,64	2,54	2,09	0,45
A V	1984	3,3	13,1	7,54	0,31	1,2	5,4	3,08	1,00	2,60	38,60	13,47	1,73	0,76	3,75	2,34	1,00
	1985	4,0	11,1	7,52	0,51	1,2	5,3	3,26	0,24	2,00	43,10	16,65	3,07	1,87	5,61	3,73	1,33
	1986	4,7	11,2	7,89	0,40	1,8	5,1	3,6	0,18	4,71	40,86	15,72	1,96	0,60	2,58	1,54	0,79
	1987	6,2	12,3	9,67	0,13	2,7	6,0	4,24	0,18	4,18	38,38	18,15	2,08	0,91	1,97	1,44	0,53

Tabela 2 - Dados referentes aos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão (S) do comprimento e largura, área foliar e pastejo de *Rhizophora mangle* (Rh) *Laguncularia racemosa* (Lg) e *Avicennia Schaueriana* (Av), da estação rio Iriri.

SP	DATA	COMPRIMENTO (cm)				LARGURA (cm)				ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )				PASTEJO (cm)			
		MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S	MÍN	MÁX	MÉDIA	S
R H	1984	5,0	14,6	9,88	0,57	2,4	7,2	4,59	0,28	5,60	71,00	28,47	1,77	1,49	4,75	2,86	1,14
	1985	5,0	13,5	10,46	0,56	2,4	6,7	4,78	0,37	8,40	70,90	31,63	4,73	1,38	2,44	1,95	0,40
	1986	5,7	14,0	9,88	0,76	3,0	6,8	4,58	0,24	10,62	64,28	35,07	4,64	0,49	3,59	1,41	1,28
	1987	7,5	13,7	10,81	0,12	3,7	6,9	4,88	0,00	13,32	69,67	32,94	3,88	0,78	0,85	0,82	0,03
L G	1984	3,9	11,2	7,12	0,54	2,0	5,9	3,73	0,18	3,30	45,62	19,13	2,41	2,72	8,31	5,13	1,87
	1985	4,1	11,7	7,90	0,65	2,4	6,4	4,05	0,22	4,10	46,20	18,97	2,13	1,62	2,60	2,11	0,35
	1986	5,0	11,5	8,55	0,58	2,8	6,0	4,33	0,22	5,10	47,32	23,71	2,06	1,20	2,59	1,74	0,55
	1987	6,0	12,2	9,87	0,24	3,6	6,0	4,60	0,16	4,37	57,41	27,79	0,70	1,05	2,09	1,57	0,52
A V	1984	2,9	10,3	6,87	0,46	1,7	7,6	3,29	0,29	2,10	28,40	11,37	1,17	2,24	8,72	6,14	1,65
	1985	4,2	9,9	7,29	0,26	2,0	5,4	3,30	0,10	1,50	42,40	12,89	0,79	2,01	4,80	3,52	1,00
	1986	3,0	11,0	7,25	0,80	1,4	6,8	3,44	0,45	3,19	35,96	15,17	0,85	0,88	3,51	2,23	0,98
	1987	5,4	12,6	8,52	0,62	2,2	6,0	3,83	0,31	5,58	35,68	17,56	0,84	2,17	3,05	2,61	0,44

Tabela 3 - Dados referentes aos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão (s) do comprimento e largura, área foliar e pastejo de *Rhizophora mangle* (Rh) *Laguncularia racemosa* (Lg) e *Avicennia schaueriana* (Av), da estação Largo do Candinho.

SP	DATA	COMPRIMENTO (cm)				LARGURA (cm)				ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )				PASTEJO (%)			
		MÍN	MÁX	MÉD	S	MÍN	MÁX	MÉD	S	MÍN	MÁX	MÉD	S	MÍN	MÁX	MÉD	S
R H	1984	5,4	14,3	10,36	0,35	2,3	6,7	4,69	0,22	5,13	58,90	31,62	1,90	1,86	8,09	3,97	2,42
	1985	7,0	15,6	11,22	0,52	3,0	6,8	4,93	0,22	4,60	70,40	34,76	3,78	1,28	3,14	2,26	0,87
	1986	6,4	15,3	11,14	0,88	3,0	6,8	4,98	0,36	—	—	—	—	—	—	—	—
L G	1984	3,1	12,3	7,57	0,60	2,1	6,0	3,71	0,23	1,80	52,30	18,68	3,65	2,85	4,64	3,92	0,68
	1985	3,8	12,1	8,26	0,59	1,6	7,2	4,02	0,30	5,30	45,40	20,40	1,94	1,16	1,79	1,54	0,27
	1986	3,8	12,2	8,30	0,74	2,0	6,2	4,30	0,39	—	—	—	—	—	—	—	—
A V	1984	3,8	10,9	7,10	0,76	1,6	5,8	3,58	0,47	3,10	38,90	12,76	2,22	2,53	3,63	3,07	0,48
	1985	4,4	11,2	7,78	0,41	2,2	5,7	3,50	0,23	3,10	38,30	14,75	2,28	2,19	6,03	3,87	1,43
	1986	3,5	12,1	7,78	0,55	2,0	5,9	3,74	0,13	—	—	—	—	—	—	—	—

No que se refere à porcentagem de pastejo sobre as folhas, notou-se comportamentos contrários para *R. mangle* e *A. schaueriana*, diminuindo na primeira e aumentando na segunda.

## Resultados da Análise Estatística

### *Rhizophora mangle*

As folhas de *R. mangle* mostraram um aumento significativo para largura e comprimento apenas na estação Largo do Candinho. Com relação à área das folhas desta espécie, observou-se que houve um aumento significativo nas estações Caiubura e Largo do Candinho, sendo que a taxa de crescimento foi maior na estação 3. Quanto ao pastejo de folhas, notou-se uma tendência a uma pequena diminuição apenas na estação rio Iriri.

### *Laguncularia racemosa*

Para a largura de folhas desta espécie, verificou-se um aumento significativo na estação rio Iriri e uma diminuição na estação Largo do Candinho. Já para a área foliar, observou-se um aumento significativo na estação Caiubura e Largo do Candinho.

### *Avicennia schaueriana*

Com relação ao comprimento de folhas verdes de *A. schaueriana*, observou-se um aumento significativo nas estações Caiubura e Largo do Candinho, sendo que a taxa de crescimento para a estação 3 foi superior à da estação 1. No que diz respeito à área foliar dessa espécie, verificou-se um aumento significativo nas estações 2 e 3, sendo que a taxa de crescimento para estação 3 foi superior. Para a porcentagem de pastejo, observou-se uma diminuição apenas na estação rio Iriri.

## Discussão

Neste estudo, pode-se observar que o efeito mais imediato do óleo sobre as espécies de mangue se traduz em murchamento das folhas e perda de dossel. Uma grande desfolhação foi também constatada em trabalhos com manguezais, sob as mesmas condições, em outras partes do mundo (Lugo, *et alii*, 1980; Teas *et alii*, 1980).

Sob condições normais, a produção e queda de folhas nos manguezais é estacional (Gill & Tomlison 1971; *apud* Pool *et alii*, 1975). No entanto, durante as campanhas, observou-se uma acentuada e contínua queda de folhas, indicando uma condição de "estresse" crônico, uma vez que esta não ocorria em fase com a produção de novas folhas. Estudiosos (Lugo & Snedaker, 1975) sugeriram que a excessiva queda de folhas dá lugar a uma menor capacidade fotossintética do sistema, conduzindo a um eventual colapso do ecossistema se o efeito do tensor for crônico.

Além do alto grau de desfolhação, foi constatado nas poucas folhas das três espécies de mangue que permaneceram, e sobre aquelas geradas posteriormente, sintoma de diversos tipos refletindo a perda de energia causada pelo tensor. No decorrer do acompanhamento foram observadas as seguintes alterações morfofisiológicas nas folhas de mangue:

= Murchamento foi o primeiro sintoma observado, resultando numa modificação da textura. Folhas de *L. racemosa* em seu desenvolvimento normal, vão se tornando mais suculentas em decorrência de um mecanismo próprio de regulação (Biebel & Kinzel, 1965 *apud* Weisshaupt, 1981). Entretanto, observou-se que estas apresentaram-se quebradiças. Desta forma, este sintoma pode representar um dano à capacidade de osmorregulação da planta.

= Manchas e perfurações foram observadas, principalmente em folhas de *R. mangle* e *A. schaueriana*, sendo que as manchas foram registradas primeiramente na última espécie. Também verificou-se maior ocorrência de galhas em folhas de *A. schaueriana*, chegando, em alguns casos, a ocupar a quase totalidade da superfície foliar.

Foram também observadas nas folhas das três espécies de mangue: amarelhecimento, enrolamento e clorose. Todas essas alterações são resultado do efeito do óleo na atividade foliar, podem estar associadas a outros processos, como o de regulação de sal no interior da planta (Baker, 1970).

As espécies de mangue possuem adaptações fisiológicas específicas para se desenvolver em substrato de alta salinidade, apresentando mecanismos que diferem em eficiência (Mirazchi *et alii*, 1980). Essas diferentes formas de regulação da absorção de sais nas espécies de mangue condicionam a penetração de óleo até as folhas, resultando em respostas diversas a cada derramamento.

No presente estudo, as alterações foram observadas mais acentuadamente nas folhas de *A. schaueriana*, com menor intensidade nas folhas de *L. racemosa*, sendo que a espécie menos afetada foi *R. mangle*.

Este fato está de acordo com os resultados obtidos em experimentos realizados por Getter *et alii* (1985) nos a *Avicennia* mostrou um limiar de sensibilidade mais baixo que a *Rhizophora*, apresentando, até mesmo em baixas concentrações de óleo, um maior número de efeitos subletais, incluindo o crescimento anormal de galhos e a mortalidade de raízes. A resistência da *Rhizophora* está vinculada à sua habilidade de excluir os sais e algumas moléculas orgânicas na absorção radicular, fazendo o mesmo com o óleo. Já a *Avicennia* é apenas parcialmente capaz disso, pois sua osmorregulação se dá através da eliminação de substâncias por glândulas especializadas da superfície foliar. Aparentemente, esse mecanismo facilita a retirada do óleo pelas raízes e seu transporte até as folhas (Getter *et alii*, *op. cit.*).

É importante salientar que o produto final de todos estes registros é a redução da superfície foliar total do bosque, não só pela diminuição do número de folhas em função de sua queda, como também pelo comprometimento da superfície foliar fotossintética devido a alterações como manchas, necroses e outros.

Além das alterações qualitativas descritas, outro dano que frequentemente é citado nos trabalhos referentes ao impacto de óleo no ecossistema de manguezal, é a redução no tamanho das folhas. Dessa forma, foi efetuada uma análise tomando como base as variáveis relacionadas às medidas foliares.

Medidas de comprimento e largura de folhas têm sido empregadas como indicadores da qualidade do ambiente (Schoeffler Novelli & Cintrón, 1986). A redução da superfície foliar, associada à alteração de sensores crônicos, tais como altas salinidades, petróleo e outros, vem sendo documentada por diversos autores (Lugo & Snedorer,

1974; Lugo *et alii*, 1980 apud Cintrón & Schaeffer Novelli, 1983).

Em oposição a estes dados, na análise das curvas das médias móveis desses parâmetros foi possível constatar um aumento do tamanho das folhas de *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, para as três estações de estudo. Este aumento tornou-se mais efetivo, de um modo geral, um ano após o evento, fato que, segundo Tonlinson (1986), é o tempo necessário para que haja uma renovação da folhagem das copas das árvores.

Apenas no estudo de Ponte *et alii* (1987), que acompanharam o efeito crônico do fato durante trinta meses, efetuado na mesma região, também foram observados aumentos significativos da área foliar para as três espécies de mangue. Esse aumento, registrado pelas autoras, chegou a atingir valores superiores a 50%, e esta alteração iniciou-se dez meses após o manguezal ter sido atingido pelo óleo.

A análise estatística revelou que a estação 3 foi a que apresentou maior número de variáveis de medida de folhas com aumento significativo, principalmente para *R. mangle* e *A. schaueriana*, podendo-se portanto dizer que na estação 3 essas duas espécies tiveram, de fato, um aumento no tamanho de suas folhas. O aumento da área foliar de *A. schaueriana* parece estar apenas relacionado ao aumento do comprimento, uma vez que para a largura não foi observada nenhuma tendência significativa.

É importante ressaltar que a área foliar foi a variável que revelou maior número de alterações significativas, todas mostrando uma taxa de crescimento positiva. Para esta variável, *A. schaueriana* foi a espécie para a qual se constatou um crescimento em todas as estações de coleta.

De um modo geral, observou-se, portanto, um aumento estatisticamente significativo do tamanho das folhas senescentes, o que reforça as conclusões da descrição das curvas de tendência. Esse aumento só não foi confirmado estatisticamente para a estação rio Iriri, no que se refere às espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*. Supõe-se que o comportamento das variáveis na estação 3 foi similar ao observado para as demais, uma vez que esta também sofreu a ação de óleo por ocasião de um evento posterior, ocorrido em setembro de 1984.

Tendo em vista que grande parte da bibliografia a respeito do efeito do óleo sobre os manguezais relata, como sendo uma das alterações na função do bosque, a diminuição do tamanho das folhas para as três espécies de mangue, e os resultados deste estudo revelaram uma tendência claramente contrária, julgou-se oportuno e interessante formular algumas hipóteses, na tentativa de explicar tal discrepância.

### Hipótese 1

Nesta primeira hipótese, atribuiu-se esse crescimento a uma compensação das plantas à diminuição da superfície fotossintética, perdida pela acentuada queda das folhas e pelas alterações fisiológicas das mesmas.

A maioria dos trabalhos que trazem dados dos efeitos do óleo no manguezal não documenta um acompanhamento do efeito crônico num período prolongado, como foi feito neste. Dessa forma, ficaria uma dúvida com relação à variação do tamanho das folhas. Tal estrutura, por exemplo, poderia ter, em princípio, uma redução no seu tamanho mas, ao longo do tempo, as árvores canalizariam sua energia para produzir folhas maiores no sentido

de aumentar sua área fotossintética tão comprometida, como forma de compensar a diminuição da sua área foliar total com a queda e a redução do tamanho. Essa canalização de energia ocorreria em detrimento de outras funções, como reprodução, por exemplo, resultando no abortamento de propágulos como o observado durante o período de amostragem (Cetesb, 1989) sendo também citado por Schoeffer Novelli (1986) uma vez que a função fotossintética da folha é prioritária para a sobrevivência da planta. Além disso, a formação de um maior número de folhas implicaria um maior gasto de energia, que ela não possui nas condições de "estresse" em que se encontra. Desse modo, o aumento da superfície foliar das poucas folhas que são geradas, seria a forma mais econômica de suprir tal deficiência.

### Hipótese 2

A segunda hipótese baseia-se na seleção das espécies em decorrência do tensor. Acredita-se que anteriormente ao evento, o bosque de mangue abrigasse uma comunidade vegetal com indivíduos de diferentes graus de desenvolvimento e resistência. Com a ocorrência do tensor, os indivíduos pertencentes às espécies de mangue foram sendo selecionadas à medida em que foram sobrevivendo ao efeito crônico. Acredita-se que os indivíduos remanescentes sejam mais resistentes e possuam um maior desenvolvimento estrutural, como por exemplo, folhas de maior tamanho. Assim sendo, as amostras realizadas numa população mais homogênea, já selecionada, irão refletir as características de maior superfície foliar da população.

Os dados referentes ao tamanho das folhas apóiam essa hipótese, uma vez que os valores mínimos aumentaram e os máximos permaneceram constantes, o que tornou os valores médios das últimas amostragens superiores aos valores médios iniciais, embora estejam abaixo dos valores máximos iniciais. Isso indica que a população de folhas amostradas não sofreu uma modificação na sua composição de classes de tamanho, mas sim uma alteração na frequência relativa das mesmas, isto é, nas amostragens finais a quantidade de folhas pequenas era bem menor que a de folhas grandes, resultando num aumento do valor médio.

### Hipótese 3

Outra possibilidade seria a de que esse aumento corresponderia a uma atenuação do efeito agudo do óleo. Assim sendo, na realidade houve uma diminuição do tamanho das folhas logo após o evento. Getter *et alii* (1984) constataram, em experimentos de laboratório, que a maioria dos danos nas árvores adultas e plântulas ocorreu no intervalo de quatro meses, sendo que nenhum novo efeito foi observado após este período. Assim, essa diminuição corresponderia às primeiras medidas de tamanho foliar. E, portanto, o que ocorreu durante o período de monitoramento foi simplesmente uma melhora das condições fisiológicas constatada através das medidas foliares, conforme o efeito do óleo foi se reduzindo.

Para se realizar uma comparação levantou-se, em vários trabalhos, alguns dados do tamanho médio das folhas das espécies de mangue, apresentados na tabela 4. A partir desses dados, nota-se que as medidas foliares finais

deste estudo correspondem aproximadamente àquelas citadas como médias em diversas publicações. Isso viria corroborar essa hipótese, uma vez que os dados iniciais refletiriam o tamanho das folhas das árvores recém-impactadas e, portanto, de tamanho inferior, o que já foi observado por muitos autores para áreas impactadas por óleo; unicamente, nesses relatos, não houve registros posteriores para verificar se um aumento gradual se processaria com o tempo, como neste caso.

É importante ressaltar que, apesar de terem sido formuladas três hipóteses distintas, estas não são exclusivas, podendo estar havendo uma superposição das mesmas, com diferentes graus de influência.

Outra variável que está relacionada com as condições ambientais é a porcentagem de pastejo. Sob condições de rigor ambiental parece haver um incremento da herbivoria. Esta está relacionada também com as espécies presentes no bosque de mangue, uma vez que *Avicennia* parece ser a mais vulnerável ao pastejo (Schaffer-Novelli & Cintrón, 1986).

No presente estudo, através da análise das curvas das médias móveis, foi possível observar que a porcentagem de pastejo diminuiu em todas as estações, com uma única exceção, relativa às folhas de *A. schaueriana*, na estação Largo do Candinho, na qual foi registrado um aumento da atividade dos herbívoros.

Através da análise estatística dessa variável (porcentagem de pastejo), nota-se que a estação rio Iriri foi a única que apresentou uma diminuição estatisticamente significativa para *R. mangle* e *A. schaueriana*, confirmando as análises referentes à curva de tendência. Embora o fato não tenha sido confirmado estatisticamente, pode-se dizer que existe uma clara tendência de diminuição da herbivoria em todas as estações e para as três espécies de mangue, excetuando-se a *A. schaueriana* na estação Largo do Candinho.

Os dados referentes à porcentagem de pastejo, apesar do efeito crônico do óleo, foram todos inferiores a 10%, que, segundo Schaffer-Novelli & Cintrón (1986), é o valor máximo característico de bosque de mangue saudável. Estudos realizados por Ponte *et alii* (1987), no canal da Bertioga, também mostraram uma porcentagem de pastejo inferior a 10%, apesar de ter sido registrado um aumento desse parâmetro no verão de 1985. Em vista dessas ocorrências, acredita-se que a porcentagem de pastejo pode variar em função das espécies que compõem a fauna herbívora de cada local, mesmo que estes sejam próximos.

A hipótese de que as áreas de manguezal mais "estressadas" possam apresentar maior herbivoria não foi confirmada pelos dados obtidos. É possível que diferentes tensores provoquem danos semelhantes na comunidade vegetal dos manguezais (tornando-os mais susceptíveis à ação de predadores), mas não implicando necessariamente em conseqüentes taxas de pastejo similares, por apresentarem ações diversas sobre os herbívoros.

Um determinado tensor pode prejudicar a comunidade vegetal bem como a fauna herbívora; e outro pode prejudicar a flora, mas não interferir na comunidade herbívora; ou, então, pode até favorecer a sua proliferação, o que explicaria as diferentes variações da herbivoria.

No caso deste estudo, formulou-se algumas hipóteses para explicar a variação da porcentagem de pastejo. O óleo poderia ter provocado a migração dos consumidores primários para outro local, em busca de mais alimen-

to, em função da queda das folhas. Outra possibilidade seria a de que as frações aromáticas do óleo, eliminadas pelas folhas, e o acúmulo das outras frações inibissem o consumo das mesmas. O óleo pode também interferir no desenvolvimento larval ou em outra fase do ciclo de vida de alguns insetos e outros herbívoros, o que diminuiria a sua população. Tudo isso resultaria na diminuição da porcentagem de pastejo.

Apesar deste estudo acompanhar exclusivamente os efeitos do óleo no manguezal, deve-se considerar que esta região recebe diariamente um grande volume de efluentes domésticos e industriais, que trazem conseqüências diversas ao ecossistema (Tommasi, 1979). Dessa forma, não se pode descartar a possibilidade de ocorrência de uma associação de efeitos, quando esses poluentes interagem com o óleo.

Como síntese dos resultados e análises deste estudo foi elaborado um esquema ilustrativo demonstrando as principais alterações observadas nas folhas de mangue (Figura 3).

### Conclusões

- 1) Com relação às folhas de *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, observou-se para as três estações de estudo um aumento do comprimento, largura e área foliar, que tornou-se mais efetivo um ano após o derramamento.
- 2) Constataram-se, nas folhas das três espécies de mangue, alterações morfo fisiológicas de diversos tipos, refletindo a perda de energia causada pelo tensor: manchas, perfurações, murchamento, amarelecimento, galhas e enrolamento, que prejudicam várias funções vitais.
- 3) Os resultados das taxas de pastejo sobre as folhas não confirmam o aumento da herbivoria em áreas degradadas. Observou-se, neste estudo, uma diminuição da taxa de pastejo, embora não tenham sido confirmadas estatisticamente.
- 4) O alto grau de desfolhação, associado às alterações foliares, diminuiu significativamente a superfície fotossintética dos indivíduos que sobreviveram ao evento.
- 5) Dentre as variáveis analisadas constatou-se que tanto o comprimento como a largura e a área foliar são indicadores adequados na avaliação da qualidade ambiental.
- 6) Para as variáveis selecionadas como indicadoras, a área foliar parece ser suficiente para uma análise de alteração do tamanho da folha. Todavia, o comprimento e a largura são mais significativos se analisados conjuntamente.

### Agradecimentos

As autoras agradecem às biólogas Dra. Denise Navas Pereira e M. Sc. Guiomar Johnscher Fornasaro por suas sugestões e revisão final, ao estatístico Antônio de Castro Bruni pela análise de dados e à desenhista Marisa Cury pela confecção das figuras.

### Bibliografia

- BAKER, J.M. The effects of oil on plants. *Environmental Pollution*. 1:27-44, 1970.
- BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. *Ecologia: educação ambiental ciência do ambiente para universitários*. CETESB, São Paulo, 1980. 206p.

Tabela 4 – Dados referentes às medidas de comprimento e largura das folhas das espécies de mangue.

ESPÉCIE	COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	LOCAL	BIBLIOGRAFIA
R. mangle	15	—	América Central	SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRON (1986)
L. racemosa	4 - 11	4 - 5		
R. mangle	12	5	Itanhaém (SP)	LAMBERTI (1969)
L. racemosa	10	4		
A. schaueriana	8	3		
R. mangle	10,9 - 11,3	5,1 (x)	Cananéia (SP)	ADAIME (1985)
L. racemosa	7,1 - 9,1	4,3 - 4,7		
R. mangle	10 - 12	5	—	TOMLISON (1986)
L. racemosa	5 - 8	3 - 5		
R. mangle	9,14 (x)	4,13 (x)	Baixada Santista (SP)*	CETESB (1988)
L. racemosa	6,04 (x)	3,16 (x)		
A. schaueriana	7,41 (x)	3,69 (x)		
R. mangle	10,8 - 11,8 (x)	4,8 - 5,2 (x)	Bertioga (SP)	CETESB (1989) (médias finais do presente estudo)
L. racemosa	8,3 - 9,8 (x)	4,2 - 4,6 (x)		
A. schaueriana	7,8 - 9,7 (x)	3,7 - 4,2 (x)		

(x) Valores médios.

\* Valores referentes à estação Ilha Araçaná.

CETESB, São Paulo. *Operação Bertioga*. São Paulo, 1988. 112p. (Não publicado)

. *Avaliação da toxicidade das águas, sedimentos dos rios e efluentes industriais da região de Cubatão*. São Paulo, CETESB, 1986. Vol. I, 76p. (Relatório não publicado)

. *Estudo dos manguezais da Baixada Santista*: Relatório final. 1988. São Paulo, 1988. 70p. (Não publicado)

. *Levantamento de subsídios e instrumentação para o gerenciamento de áreas costeiras ecologicamente sensíveis*. Informe final, 2 vols. São Paulo, 1989. (Não publicado)

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER — NOVELLI, Y. *Introducción a la ecología del manglar*. Uruguay, UNESCO, 1983. 109p.

GETTER, C.D.; BALLOU, T.C.; DAHLIN, J.A.; PRZYCEL, M. & MORGANS, S. *Effects of oils and dispersants on mangrove forest and seedlings of Rhizophora mangle and Avicennia germinans*: final report. Columbia, Research Planning Institute, 1984. 166p. (RPI/R/84/6/15-10).

GETTER, C.D.; BALLOU, T.C. & KOONS, C.B. *Effects of dispersed oil on mangroves synthesis of a seven-year study*. *Marine Pollution Bulletin*, Great Britain, 16 (8): 318-24, 1985.

GUNDLACH, E.R. & HAYES, M.O. *Classification of coastal environments in terms of potential vulnerability to oil spill impact*: *Mar. Tech. Soc. Jour*, 12(4):18-27, 1978.

LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. *The ecology of mangroves*. *An Rev. Ecol. System*. 5: 39-64, 1974.

Properties of a mangrove forest in southern Florida. In *Proceeding of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves*. WALSH, G.; SNEDAKER, S.C. & TEAS, H., eds. Gainesville, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, v. 1, p.170-212. 1975.

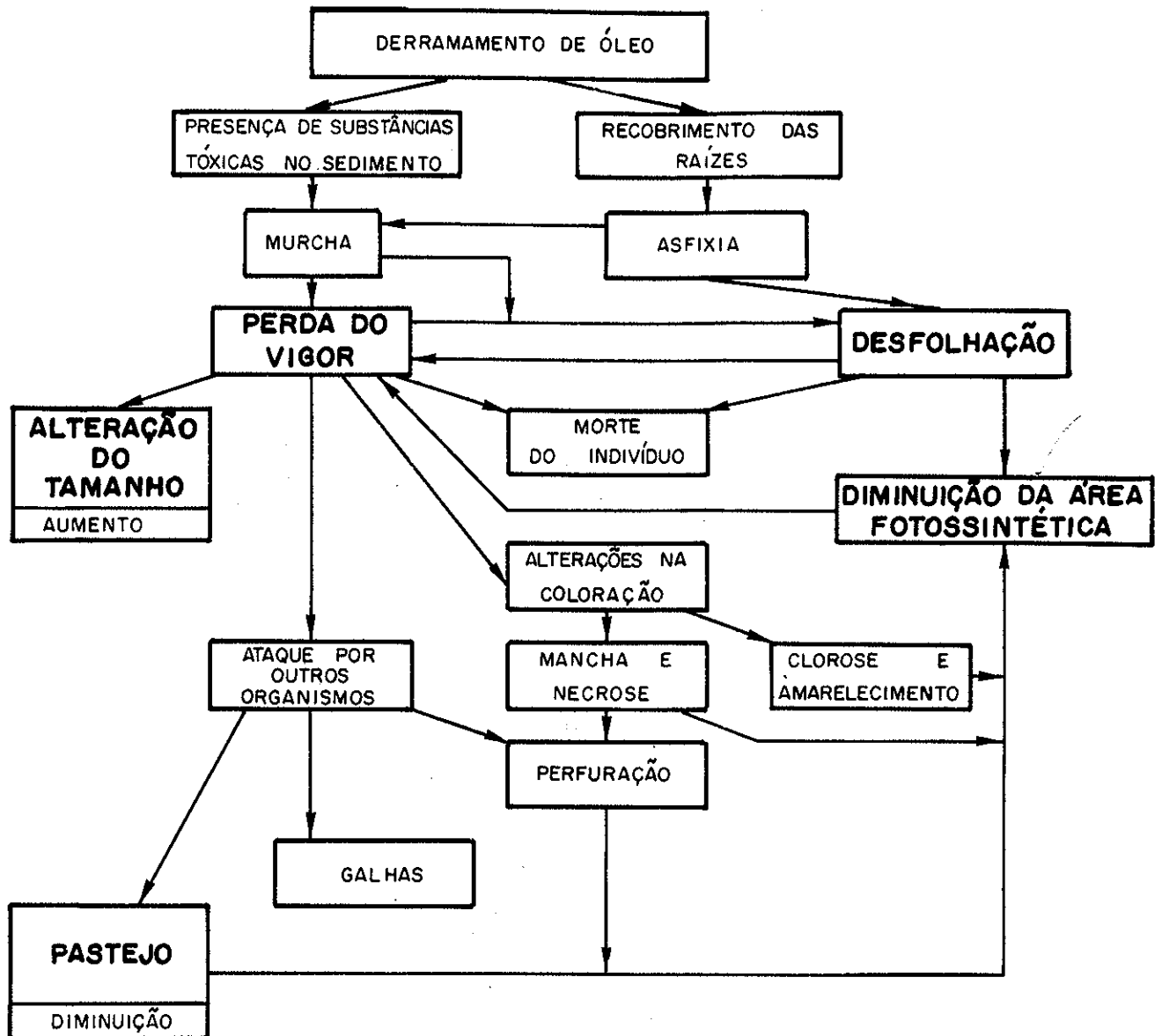
LUGO, A.E. *Avances y prioridades de investigación en manglares*. In: SEMINARIO SOBRE EL ESTUDO CIENTIFICO E IMPACTO HUMANO EN EL ECOSISTEMA DEL MANGLARES, UNESCO, 1980. pp. 59-76.

. CINTRÓN, G. & C. GOENAGA *El ecosistema del manglar bajo tension*. In: SEMINARIO SOBRE EL ESTUDO CIENTIFICO E IMPACTO HUMANO EN EL ECOSISTEMA DEL MANGLARES, UNESCO, 1980. pp 261-285.

MIZRACHI, D.; PANNIER, R. & PANNIER, F. *Assesment of salt resistance mechanism as determinant physio-ecological parameters of zonal distribution of mangrove species. I. Effect of salinity stress on nitrogen metabolism balance and protein synthesis in the mangrove species Rhizophora mangle and Avicennia nitida*. *Botânica Marine* 23: 289-96, 1980.

MORETTIN, P.A. & TOLOI, C.M.C. *Modelos para previsão de séries temporais*. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE

Figura 3 — Esquema ilustrativo dos efeitos do óleo observados para as folhas das espécies de mangue.



MATEMÁTICA, 13. Minas Gerais, 1981. vol. 1. 356p.  
 PONTE, A.C.E.; FONSECA, I.A.Z & CLARO, S.M.C.A. Impacto causado por petróleo no manguezal do Canal da Bertioiga — Estrutura da vegetação. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. Cananéia, 1987. Anais. São Paulo, ACIESP, 1987, 2: 132-147.  
 POOL, D.S.; LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico. In: International Symposium on Biology and Management of Mangroves, Hawaii, 1975, Proceedings. Hawaii, East West Center, 1975, pp 213-237.  
 SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Rompimento do oleoduto: avaliação de impacto ambiental — Canal da Bertioiga. São Paulo — Brasil.* Santos, 1986. 135p. (Laudo pericial, não publicado)  
 & CINTRÓN, G. *Guia para estudo de áreas de manguezal, estrutura, função e flora.* São Paulo, Caribbean Ecolo-

gical Research, 1986. 150p. + 3 apêndices.  
 SNEDAKER, S.C. Oil spill in mangrove. *Boletim de la Sociedad Venezolana de Ciências Naturales* — Tomo XL. n.º 143:423-42, 1985.  
 TEAS, H.J.; DUERR, E. O. & WILCOX, J.R. Effects of south Louisiana crude oil and dispersants on *Rhizophora* mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 18 (3):122-24, 1987.  
 TOMLINSON, P.B. *The botany of mangroves.* USA, Cambridge University Press, 1986. 413p.  
 TOMMASI, L.R. *Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP).* São Paulo, 1979, 2 vols. (Tese de livre-docência da Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, não publicado.)  
 WEISHAUPL, L. *Plantas de mangue: contribuição ao conhecimento de L. racemosa (L.) Gaertn. f. (Combretaceae).* (Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, não publicado). São Paulo. 157p., 1981.

# O efeito da camada de mistura na poluição do ar

Silvio de Oliveira<sup>1</sup>

**RESUMO** A partir de dados de radiossonda, coletados num período de três anos (1976-1978), estudou-se a evolução da altura média da camada de mistura durante os meses de inverno, e a sua influência na concentração do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e do material particulado (MP). Os dados de qualidade do ar, medidos na área metropolitana da Grande São Paulo foram usados para determinar diversos coeficientes de correlação de várias equações de regressão. Verificou-se que o melhor ajuste foi obtido com uma equação de regressão parabólica. Observou-se, também, que o mês de julho foi o mais crítico para o aumento da concentração de SO<sub>2</sub> e do MP.

**Palavra-Chave:** Radiossonda, Altura da Mistura, Fumigação, Dispersão Atmosférica.

**ABSTRACT** From the data collected by radiosonde during a period of three years (1976-1978), the average height evolution of the mixing layer during the winter months and its influence on the concentration of the sulphur dioxide and particulate matter have been studied. The air quality data, measured in São Paulo Metropolitan area, were used to determine coefficients of correlation of various regression equations. It was noted that the best adjustment was obtained with parabolic fit. It was also observed that the most critical increase of the sulphur dioxide and particulate matter concentration occurred in July.

**Key words:** Radiosonde, Mixing height, Fumigation, Atmospheric Dispersion.

**Nos meses de verão, na parte da tarde, a transferência de calor da superfície do solo para a atmosfera estabelece a formação de correntes convectivas que provocam intensa mistura na vertical, formando uma camada cuja extensão depende da temperatura inicial, podendo atingir alturas elevadas. Na latitude de São Paulo, a intensa insolação neste período tende a expandir o volume de ar disponível para a diluição dos poluentes na troposfera inferior.**

Nos meses de inverno esse processo é inibido devido à excessiva estabilidade atmosférica dominante nesta época do ano (Oliveira e Ferrari<sup>2</sup>).

A espessura da camada de mistura, também denominada altura de mistura, exerce grande influência na concentração do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e do material particulado (MP), sendo que quanto menor ou mais baixa, mais críticas se tornam as condições da qualidade do ar.

Segundo Slade, a propriedade física do ar que governa a dispersão e diluição dos contaminantes é a turbulência. O movimento médio do ar indica a transferência de poluentes de uma região para outra e a flutuação turbulenta determina a diluição dos mesmos, enquanto se deslocam no ar. Portanto, a dispersão da poluição depende dos processos naturais de mistura em diversas escalas do movimento, espacial e temporal. (Pasquill e Smith<sup>3</sup>). Os parâmetros meteorológicos medidos na área metropolitana de São Paulo, que combinados podem ser utilizados como elementos indicadores da turbulência, são: o vento de superfície; a camada de inversão térmica; o perfil térmico vertical e a temperatura da superfície. A combinação desses parâmetros define o volume de ar disponível sobre a região urbana, onde as fontes emitem os poluentes. Dada a complexidade do estudo simultâneo entre todos os parâmetros meteorológicos e a qualidade do ar, selecionou-se a altura média da camada da mistura, por



<sup>1</sup> Meteorologista — Mestre pelo Instituto de Pesquisas Espaciais — Diretor do 7.º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia.

representar melhor a evolução da turbulência do ar e, também, por ser um parâmetro fundamental no estudo da dispersão dos despejos gasosos na atmosfera. Este trabalho apresenta uma relação entre a altura média da camada de mistura e os poluentes dióxido de enxofre e a poeira em suspensão durante os meses de inverno.

### Material e Métodos:

Para a determinação da altura média da camada de mistura, foram usados três anos de dados diários de radiossondagens referentes aos meses de maio a agosto de 1976 a 1978, obtidos no Aeroporto de Congonhas, em São Paulo, cuja Estação Meteorológica está localizada a 23°03' de latitude Sul e 46°37' de longitude Oeste, e a 802m de altitude. As radiossondagens, realizadas pela Força Aérea Brasileira, são feitas normalmente nos horários de 12 TMG (9h de Brasília) e 00h TMG (21h de Brasília).

Os dados da concentração de SO<sub>2</sub> e do MP são valores horários medidos pelas Estações de qualidade do ar da Cetesb que operam a rede manual da Organização Panamericana da Saúde (OPS) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) na região da Grande São Paulo, cuja localização, espacialmente distribuídas, estão apresentadas na Figura 1.

No estudo da correlação entre a altura média da camada de mistura e da qualidade do ar, observou-se

existir uma defasagem entre os períodos horários da amostragem da concentração média dos poluentes e aqueles das duas radiossondagens diárias. A medição da concentração dos poluentes é contínua para reproduzir médias de 24 horas e, com isso, seu início e seu término diferem daqueles dos lançamentos das radiossondas já mencionados. Portanto, foi necessário estabelecer um ajuste no levantamento dos dados, para se obter a altura média diária de mistura compatibilizada com os horários da coleta dos dados da qualidade do ar, conforme é mostrado na Figura 2.

Para se obter a altura média de mistura que reproduzisse um ciclo médio de 24 horas, procedeu-se da seguinte forma: adotou-se como altura mínima da camada de mistura, na parte da manhã (9h), a altura das bases das primeiras inversões nos perfis de temperatura referentes às radiossondagens das 21h do dia anterior e a das 9h do dia considerado. A altura máxima de mistura na parte da tarde (15h) foi calculada a partir da temperatura máxima, estimada segundo os critérios de Holzworth<sup>1</sup>, completando assim um período de dados de 24 horas. A altura média foi obtida da média desses valores.

Na análise desses dados foram utilizados apenas os dias sem precipitação, que são dias cuja evolução na coluna atmosférica é considerada ser adiabática seca e a resposta do aumento da concentração se faz mais rapidamente devido à predominância das condições atmosféricas estáveis, Holzworth<sup>1</sup>.

Figura 1 — Região da Grande São Paulo e localização das estações de amostragem.

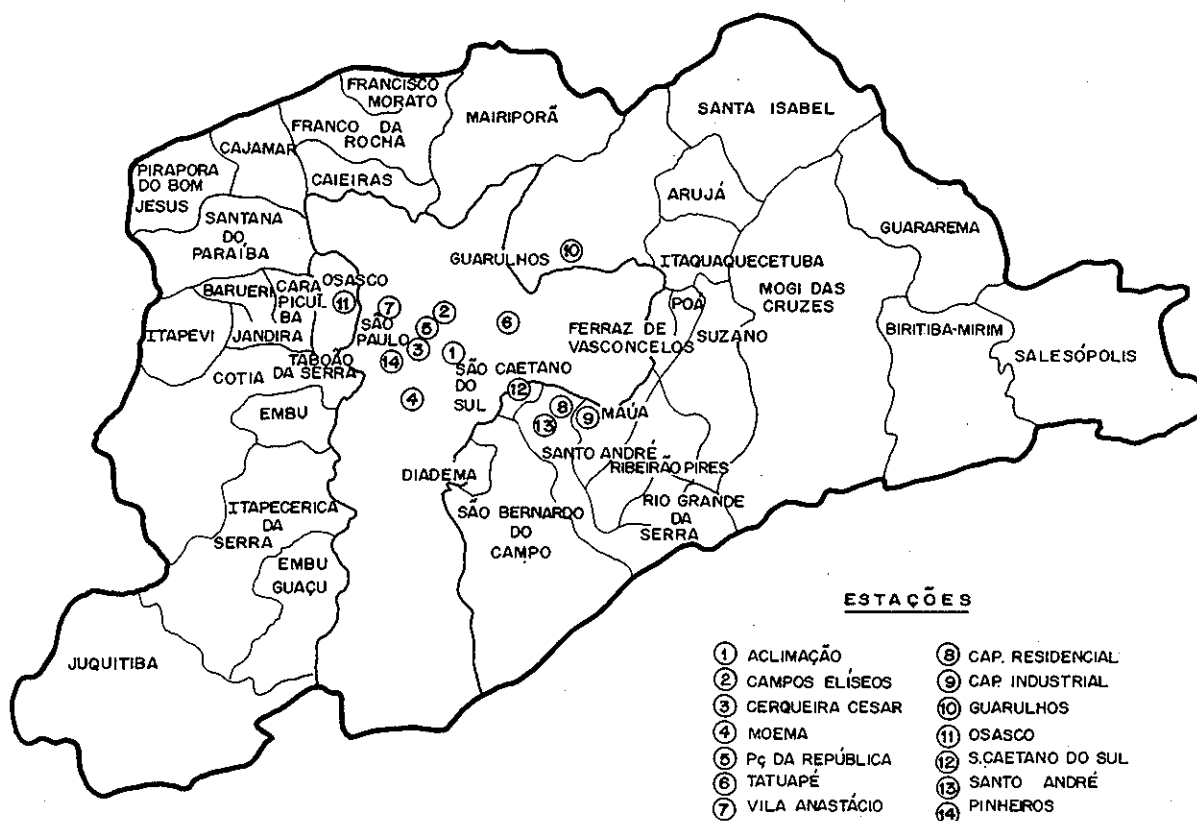
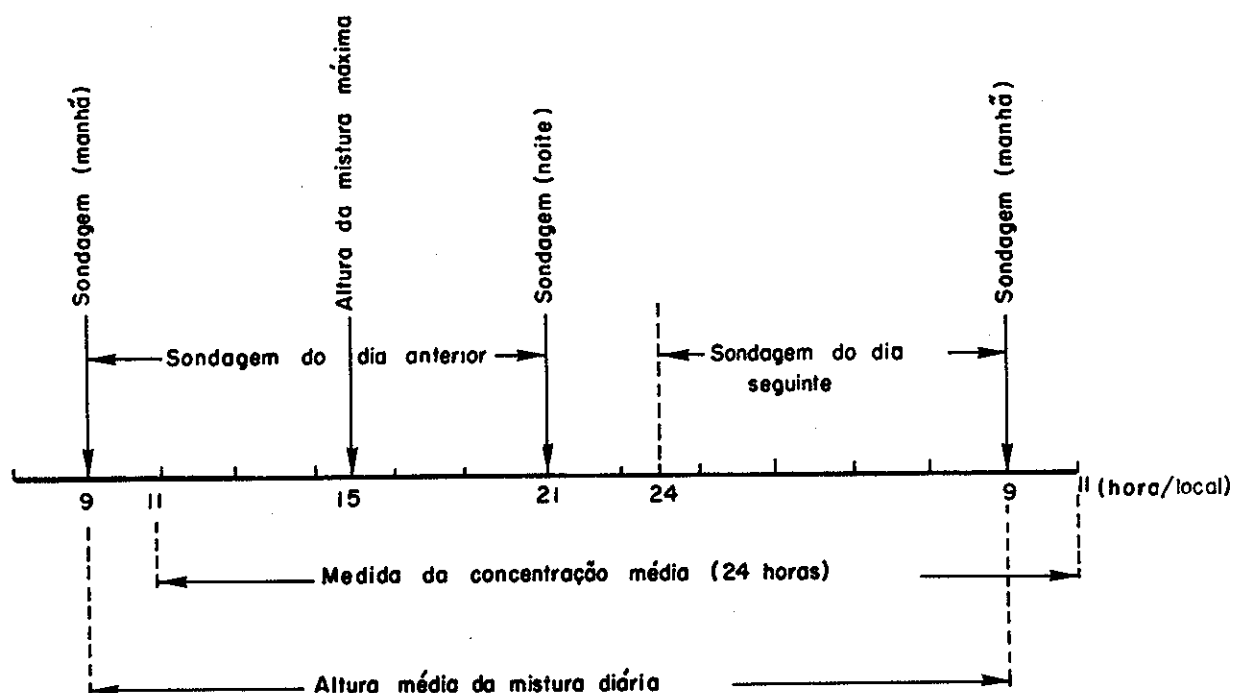




Figura 2 — Horários de lançamentos da radiossondagem, da ocorrência da altura da mistura máxima, da medida da concentração média dos poluentes e do período da altura média da mistura.



#### Equações de Regressão

O objetivo de testar diversas equações de regressões foi o de obter a melhor estatística sobre a relação entre a altura média da mistura e a qualidade do ar, ou seja, determinar uma equação de regressão que represente um bom ajuste, tanto para o  $\text{SO}_2$  como para o MP. Para tanto, foram calculadas várias regressões cujos coeficientes de correlação estão sumarizados na Tabela 1. O melhor ajuste dos mínimos quadrados foi obtido com a equação de regressão parabólica. Neste cálculo de correlação foram utilizados os valores de altura máxima da camada de mistura, abaixo do nível de 700mb (ou 2.200m), em São Paulo.

#### RESULTADOS

As Figuras 3 e 4 apresentam as observações individuais usadas no desenvolvimento das equações de regressão, e os limites de confiança de 90% para as relações entre a altura média da mistura (H) e a qualidade do ar.

Nas Figuras 3 e 4, observou-se que, mantendo a altura média da camada de 900m, o valor da concentração de  $\text{SO}_2$  é 50% maior do que o do MP. Essa porcentagem cai para 25% quando se reduz a altura da camada para 200m. Portanto, para qualquer nível, o efeito da camada média sobre o  $\text{SO}_2$  é sempre maior do que para o MP.

Existem alguns fatores que determinam a diferença do efeito da altura média da mistura sobre o  $\text{SO}_2$  e o MP. Na ausência de ventilação, abaixo da altura mínima da camada de mistura no período noturno e matutino, os

gases lançados continuamente ocupam todo o espaço entre o topo da camada e a superfície, encontrando um ambiente favorável para aumentar a concentração. No horário da sondagem da manhã, as 9 horas local, a superfície está se aquecendo pela radiação solar que produz completa mistura convectiva na atmosfera inferior, iniciando o fenômeno da fumigação. Com isto, a concentração dos gases aumenta mais rapidamente do que a das partículas que se mantêm muito perto do chão, dentro de uma lâmina de ar, onde o transporte do calor dominante é por movimentos turbulentos, mecanicamente induzidos. No entanto, embora persistindo todas as condições anteriormente relatadas, mas na presença de ventilação, e principalmente se houver rajadas de vento muito fortes, os gases serão arrastados e dispersados mais facilmente. A poeira, ao contrário, será turbilhonada e levantada da superfície, provocando uma nuvem de partícula, limitada entre o topo da camada de mistura e a superfície, acusando, nos amostradores, valores elevados de concentração de partículas, superiores aos estabelecidos no padrão permitido por lei. Este padrão é de  $240 \mu\text{g m}^{-3}$  para poeira total, e de  $365 \mu\text{g m}^{-3}$  para o dióxido de enxofre.

Para o presente trabalho, considerou-se preferencialmente a época do inverno, onde, nos períodos prolongados de anticiclones estacionários, ocorre calmaria — ausência de ventilação com porcentagem superior a 50% —, o que justifica o maior efeito da altura média da camada de mistura sobre o  $\text{SO}_2$  do que sobre o MP.

Após verificar-se a influência direta da altura média da mistura sobre a qualidade do ar, procurou-se analisar os dados a nível médio mensal, para se detectar qual o mês mais crítico para dispersão. Os resultados são mos-

Figura 3 — Relação entre a altura média da camada de mistura e a concentração média do dióxido de enxofre no período do inverno 1976 a 1978, em São Paulo.

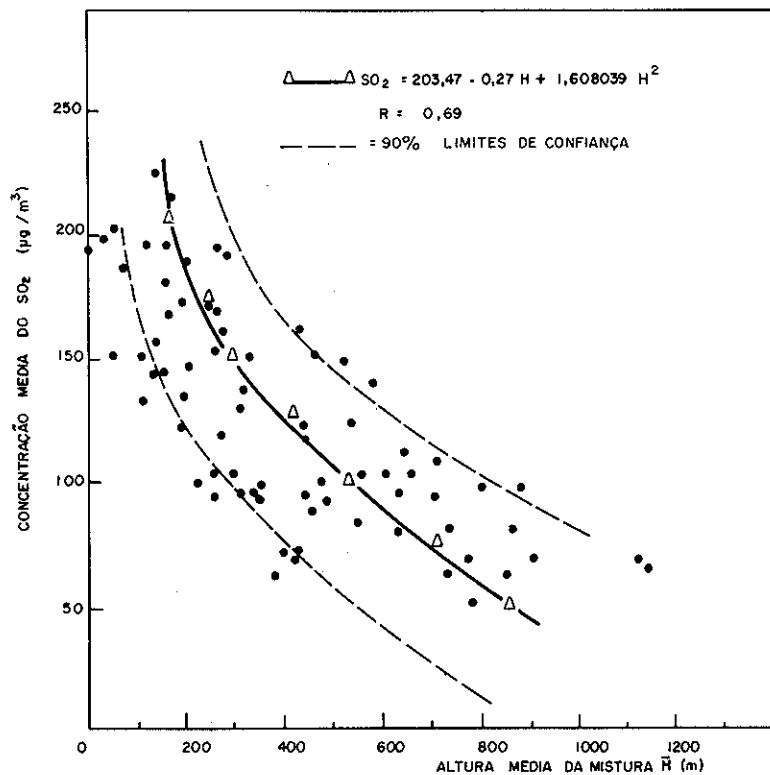


Figura 4 — Relação entre a altura média da camada e a concentração média do material particulado no período de 1976 a 1978, em São Paulo.

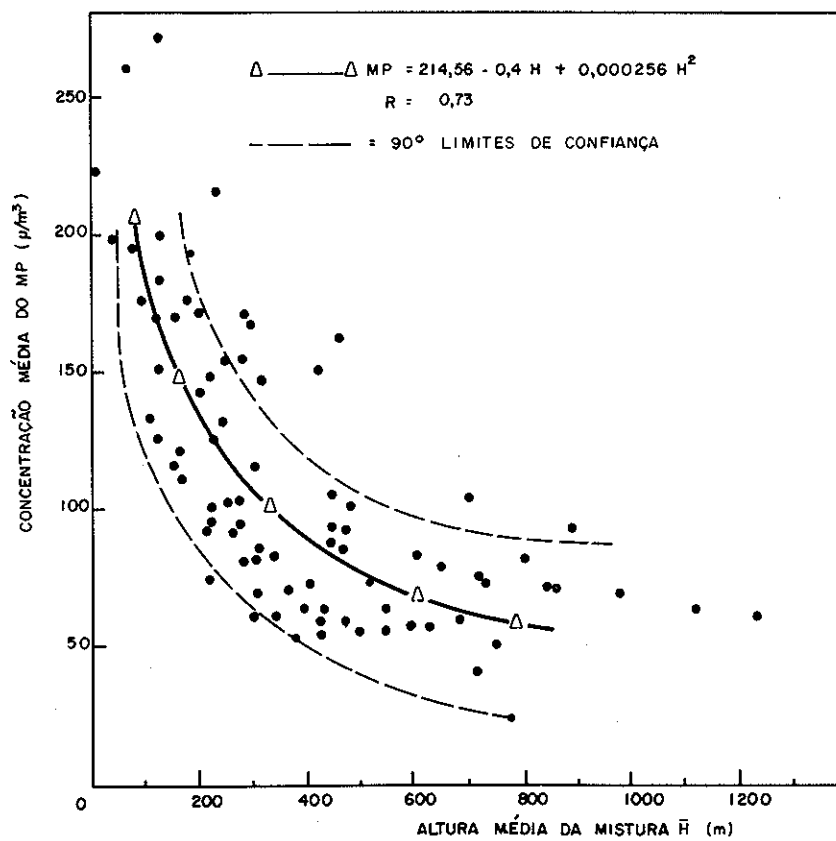
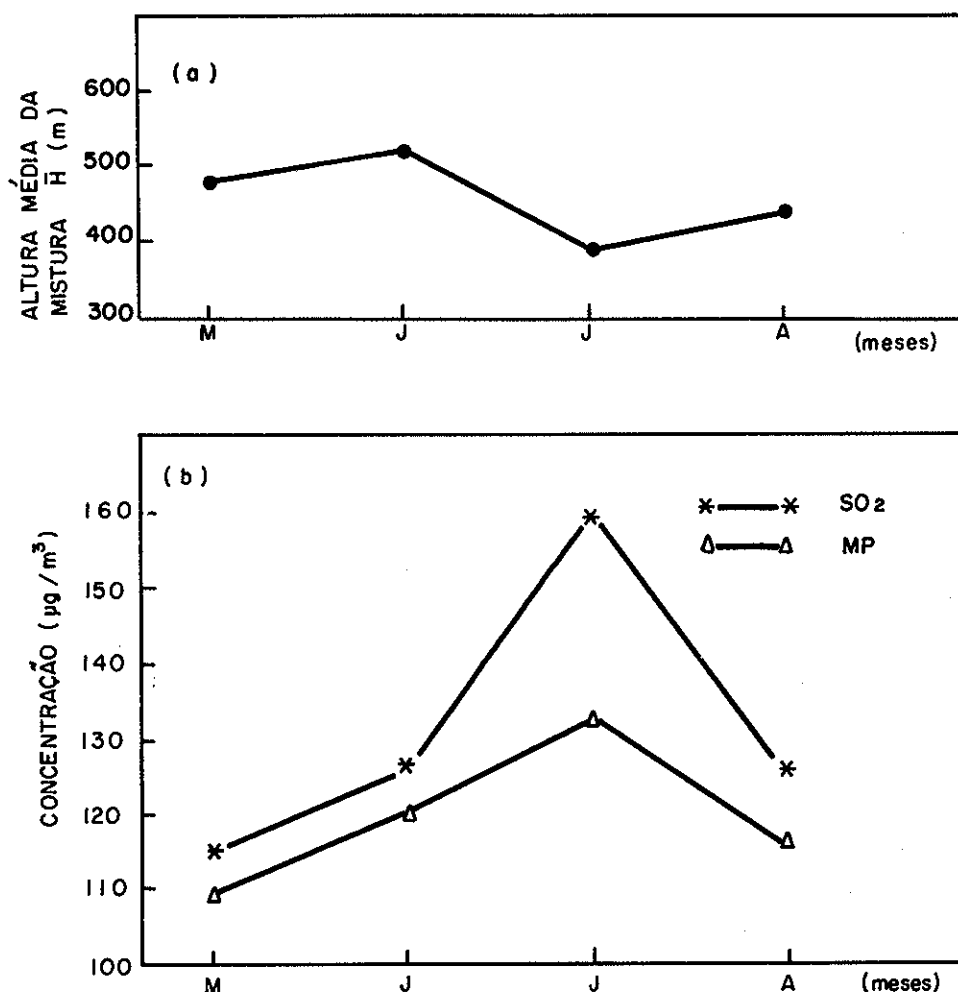


Figura 5 — Comparação entre a altura média mensal da mistura (a); e a concentração média dos poluentes MP, SO<sub>2</sub> (b). Período de inverno de 1976 a 1978, em São Paulo.



trados na Figura 5, onde pode-se observar que, em qualquer mês, os valores de SO<sub>2</sub> foram sempre superiores aos do MP.

O mês de julho mostrou ser o mais crítico, com a maior concentração de poluentes no período estudado. Nesse mês, a concentração do SO<sub>2</sub> foi 15% maior do que a do MP, por razões já descritas anteriormente. Para se obter o melhor grau de certeza sobre os resultados anteriores, seria conveniente analisar outras variáveis meteorológicas para chegar a conclusões mais apuradas. Entretanto não sendo o objetivo do presente estudo estender a análise com outros parâmetros meteorológicos, se restringe apenas ao efeito da altura média da camada da mistura sobre a concentração média dos poluentes. Portanto, à luz dos resultados, ficou patente que o mês de julho se mostrou ser o mais crítico para dispersão, quando se considera apenas o parâmetro em estudo.

#### CONCLUSÕES:

A altura média foi correlacionada com os dados médios da qualidade do ar e obteve-se o melhor ajuste atra-

vés da equação de regressão parabólica. Deste resultado, verificou-se que o SO<sub>2</sub> é mais sensível aos efeitos da camada da mistura do que o material particulado.

Dos meses de inverno, o mais crítico é o de julho, onde a camada da mistura tem sua menor altura média.

O estudo da qualidade do ar com outras variáveis meteorológicas seria importante para se visualizar outros efeitos físicos que interagem no processo de dispersão. Entretanto, a extensão desta análise não faz parte do escopo essencial da presente investigação.

Ficou patente que a camada de mistura exerce um efeito bastante significativo sobre a qualidade do ar. Os resultados aqui alcançados demonstraram a necessidade de se utilizar esse parâmetro na previsão diária de potencial de poluição do ar. Portanto, a equação parabólica aqui encontrada poderá ser mais uma ferramenta importante na previsão diária, em dias críticos, para se estimar o aumento percentual do SO<sub>2</sub> e do MP, em função da altura média da mistura. Os resultados advindos do uso desta regressão, quando comparados com os resultantes das medições através das estações de amostragem, têm sido bastante satisfatórios.

## REFERÊNCIAS

- Holzworth, G.C. 1976. Mixing depths, wind speeds and air pollution potential for selected locations in the United States. *J. of Appl. Meteor.*, 6:1039-1044.
- Oliveira, S. de & Ferrari, C.M.D. 1984. A intensidade das inversões térmicas e a sua influência sobre a qualidade do ar. 36.ª Reunião Anual da SBPC, 4 a 11 de julho de 1984.
- Pasquill, F. & Smith, F.B. 1983. *Atmospheric Diffusion* (3rd ed.). Ellis Horwood Ltd., Chichester, New York, p. 237.
- Slade, D.H. (ed.). 1968. *Meteorology and Atomic Energy*. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tenn.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Professor Paulo Marques dos Santos, do IAG-USP, pela colaboração do texto e à datilógrafa Solange Maria da Cruz pela datilografia. À desenhista Marisa Cury, pelas ilustrações das figuras; e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, tiveram sua participação neste trabalho.

Tabela 1 — Resumo das equações de regressão entre a altura da mistura média e a concentração média diária do  $SO_2$  e do MP na Grande São Paulo — Inverno 1976/1978.

Regressão	Função	Coefficiente de correlação
parabólica	$MP = f(H)$	0,73
	$SO_2 = f(H)$	0,69
	$MP \cdot SO_2 = f(H)$	0,66
exponencial	$SO_2 = f(H T)$	0,62
	$MP = f(H T)$	0,61
potencial	$SO_2 = f(H)$	0,61
linear	$SO_2 \bullet f(H)$	0,53
linear	$MP = f(H)$	0,50
	$SO_2 = f(H T)$	0,51
	$MP = f(H T)$	0,40



# Variabilidade de testes de toxicidade com peixes<sup>1</sup>

Eduardo Bertoletti<sup>2</sup>  
Elenita Gherardi Goldstein<sup>2</sup>  
Pedro Antonio Zagatto<sup>2</sup>

**RESUMO** Com o objetivo de avaliar a variabilidade da CL(1)50; 96h (concentração letal a 50% dos organismos), foram efetuados testes de toxicidade aguda com o peixe *Brachydanio rerio*, pelo sistema de fluxo contínuo, com seis diferentes substâncias. A precisão dos resultados, expressa como coeficiente de variação, foi a seguinte:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  = 17,8%;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  = 19,9%;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  = 11,6%;  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  = 12,7%; DDT grau técnico = 24,3% e  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  = 12,6%.

Os coeficientes de variação obtidos situaram-se em um nível considerado satisfatório, o que assegura a validade da utilização do sistema para avaliar a toxicidade de agentes químicos a peixes.

**Palavras-chave:** Precisão analítica, peixes, teste de toxicidade, variabilidade.

**ABSTRACT** Several acute toxicity tests were run with *Brachydanio rerio*, in flow-through system, with each of six different chemicals, in order to evaluate the variability of 96h — LC(1)50. The precision of the results, expressed as coefficient of variation, was of 17.8% for  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 19.9% for  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 11.6% for  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 12.7% for  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , 24.3% for DDT technical grade and 12.6% for  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

These coefficients of variation were acceptable, assuring the validity of this system for the evaluation of the toxicity of chemicals to fishes.

**Key words:** Analytical precision, fishes, toxicity tests, variability.

O controle da poluição hídrica tem exigido o desenvolvimento de um grande número de métodos analíticos que, em função da complexidade e do grande número de novas substâncias, tendem a se tornar ainda mais numerosos.



Tradicionalmente, as análises físico-químicas são as mais utilizadas na caracterização de resíduos líquidos, tanto de origem industrial como doméstica, porém, análises biológicas, tais como os testes de toxicidade com organismos aquáticos, têm sido cada vez mais utilizadas no controle de despejos que podem causar impacto ao ambiente aquático (Cetesb, 1986 a, b).

Sejam quais forem as análises escolhidas com a finalidade de controle da poluição é desejável, quando possível, avaliar a precisão dos resultados obtidos, possibilitando assim a comparação desses resultados, bem como estimar a confiabilidade do método utilizado. Nesse sentido, para várias análises físico-químicas já foram estabelecidos valores de precisão intra e interlaboratoriais (Cetesb, 1978 a).

Com referência aos testes de toxicidade, poucos dados de precisão analítica estão disponíveis, principalmente devido à sua recente utilização. Assim, neste trabalho, procurou-se avaliar a precisão dos resultados obtidos através de um dos métodos empregados para avaliação da toxicidade aguda, pelo sistema de fluxo-contínuo com peixes e, ainda, comparar estes resultados a outros descritos na literatura especializada.

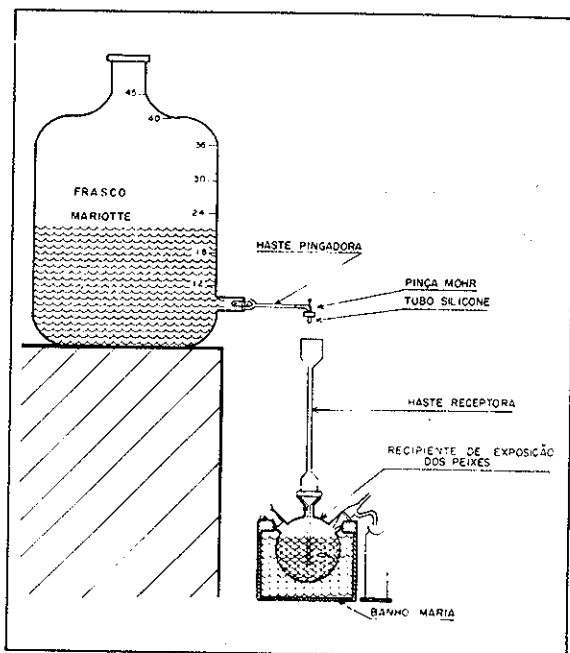
Os dados apresentados neste artigo foram gerados em

<sup>1</sup> Trabalho elaborado com o apoio do PROCOP, dentro de seu Programa de Assistência Técnica, Projeto Capacitação Técnica de Recursos Humanos.

<sup>2</sup> Biólogos da Cetesb.

<sup>3</sup> Bióloga da Cetesb, Mestre pela Escola Paulista de Medicina.

Figura 1 — Vista parcial do sistema de fluxo-contínuo



1978, em seqüência aos publicados por Navas-Pereira et alii (1987), durante o desenvolvimento de um programa internacional de padronização de métodos, coordenado pela International Organization for Standardization (ISO), do qual a Cetesb participou como entidade brasileira indicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

### Materiais e Métodos

Os testes de toxicidade aguda foram realizados conforme o método estabelecido pela ISO (1975), em sistema de fluxo-contínuo, o qual preconiza o uso de água reconstituída com dureza total de + ou - 100mg/L em  $\text{CaCO}_3$  e a espécie de peixe *Brachydanio rerio* [(Hamilton-Buchanan, 1822), Teleostei, Cyprinidae], cujos lotes foram adquiridos no comércio local. As CL (I) 50-96h (concentração nominal do agente tóxico que causa letalidade a 50% dos organismos em 96 horas de exposição) foram obtidas através da análise de regressão linear, conforme a equação:  $\text{CL}(I)50 = a + b \cdot \text{Log}x$ .

As substâncias utilizadas nas séries de testes foram: sulfato de cobre p.a. ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); sulfato de zinco p.a. ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); cloreto de amônio p.a. ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ); fenol p.a. ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ); dicromato de potássio p.a. ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), e DDT grau técnico (54%). Para a solubilização do DDT em água foi utilizada acetona p.a..

As medidas de temperatura e pH foram efetuadas diariamente, enquanto que a determinação de oxigênio dissolvido (OD) e as análises químicas das substâncias testadas foram realizadas 48 horas após o início dos testes. Para a renovação das soluções foram utilizados frascos Mariotte (45 litros), nos quais, diariamente, houve reposição das soluções-teste (Fig. 1).

Os valores de pH foram obtidos pelo método eletroquímico, utilizando-se o potenciômetro METROHM — E588. Os teores de OD foram determinados pelo método de Winkler modificado (Cetesb, 1978) e as análises

químicas das substâncias testadas foram efetuadas conforme Cetesb (1978).

A variabilidade dos resultados nas seis séries de testes efetuadas, foi avaliada pelo coeficiente de variação de Pearson, conforme a expressão:

$$\text{C.V.} = \frac{s}{\bar{X}} \cdot 100$$

onde:

C.V. = coeficiente de variação, expresso em porcentagem

s = desvio padrão dos valores de CL (I)50, em mg ou  $\mu\text{g/L}$ .

$\bar{X}$  = média dos valores de CL(I)50, em mg ou  $\mu\text{g/L}$ .

A análise de regressão múltipla entre os dados de CL (I)50, peso e comprimento dos organismos, temperatura, pH e oxigênio dissolvido, foi efetuada através do "Statistical Analysis Package (Statpac)" da Walonic Associates Inc. Para ajuste dos modelos de regressão linear múltipla, foi empregada a técnica de "stepwise", que leva em consideração a estrutura de interrelação entre as variáveis, pois esta trabalha com a matriz de correlação.

### Resultados

Na Tabela 1, constam os resultados dos testes de toxicidade aguda com *Brachydanio rerio*, expressos em CL(I)50 — 96h, das substâncias estudadas e os coeficientes de variação para cada série de testes. Verifica-se que os coeficientes de variação foram baixos para os resultados dos testes com  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (11,6%),  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (12,6%) e fenol (12,7%), enquanto que para os resultados dos testes com  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e DDT, os coeficientes foram de 17,8%; 19,9% e 24,3%, respectivamente.

Nas tabelas 2 a 7, constam os dados das variáveis bióticas e abióticas nos diversos testes, que foram utilizadas nas análises de regressão múltipla.

### Discussão

Na aplicação dos testes de toxicidade, no controle da poluição hídrica, substâncias consideradas como de referência têm sido utilizadas para avaliar a sensibilidade de organismos aquáticos ao longo do tempo (Peltier & Weber, 1985). Além dessa finalidade, Buikema et alii (1982) afirmaram que a utilização de substâncias de referência num método padronizado aumenta sua confiabilidade.

No presente estudo, para avaliar a precisão dos resultados dos testes de toxicidade com peixes, através do sistema de fluxo contínuo, utilizou-se algumas substâncias de referência, que são normalmente recomendadas, tais como: fenol, sulfato de cobre (Alexander & Clarke, 1978) e dicromato de potássio (OECD, 1981; ISO, 1982). Além dessas, outras substâncias foram testadas devido às suas características toxicológicas distintas: sulfato de zinco, cloreto de amônio e DDT grau técnico (54%).

Verifica-se que, dentre os resultados de CL (I)50, os dos testes com DDT foram os que apresentaram uma maior variação entre si, mas não excederam a + ou - 2 desvios padrão da CL (I)50 média, de acordo com os limites estabelecidos por Peltier & Weber (1985).

Comparando-se os coeficientes de variação obtidos com outros pesquisados na literatura, observa-se que os valores de sulfato de cobre foram mais elevados em relação aos citados por Sprague (1985), que descreveu um C.V. = 9,2% para uma série de testes com trutas expostas ao cobre.

Alexander & Clarke (1978), utilizando fenol através de testes de fluxo-contínuo com 48 horas de duração, obtiveram coeficientes de variação de 9,5 e 9,9% nos resultados de testes com diferentes lotes de trutas, valores estes próximos aos apresentados para a mesma substância no presente trabalho (12,7%).

Em testes de toxicidade realizados pelo IRCHA (1982) com  $K_2Cr_2O_7$ , em sistema estático, com período de teste de 24 horas de duração, foram relatados coeficientes de 7,6 e 6,1% nos resultados de experimentos com *Brachydanio rerio* e *Salmo gairdneri*, respectivamente. Através desses dados, verifica-se que os valores de C.V. em testes com  $K_2Cr_2O_7$  estão abaixo dos obtidos na Tabela 1; entretanto, deve-se considerar que, além da diferença metodológica, o tempo de exposição dos organismos nos referidos testes foi menor, fatos que podem ter contribuído para os reduzidos coeficientes de variação obtidos.

Analisando os resultados de testes de fluxo-contínuo com  $NH_4Cl$ , de 96 horas, apresentados por Thurston & Russo (1983), verificou-se que o coeficiente de variação foi de 25,7%; porém, as CL50 para a espécie testada (*Salmo gairdneri*) estavam na dependência do peso dos organismos e temperatura das soluções, fato que dificultou a comparação com os dados de precisão aqui demonstrados. Entretanto, analisando-se os dados da referida pesquisa, constatou-se que o coeficiente de variação foi reduzido a 20,4%, quando os resultados dependentes da temperatura foram desprezados. Através dessa observação, nota-se que a variação de condições abióticas, a exemplo da temperatura, pode influenciar sobremaneira na precisão dos testes de toxicidade, sendo que neste tipo de análise biológica outras variáveis devem ser controladas, a fim de se obter uma precisão satisfatória.

Fredricksson & Román (1985) destacaram que o controle intralaboratorial consiste na estimativa da precisão dos resultados analíticos, bem como na identificação das possíveis fontes de erros sistemáticos. Portanto, do mesmo modo, num teste de toxicidade devem ser verificadas aquelas variáveis que podem interferir na precisão analítica do método.

Sprague (1985) sugeriu que essas variáveis devem ser cuidadosamente interpretadas em cada experimento. Dentre elas devem ser consideradas as bióticas, tais como a sensibilidade da espécie em estudo, estágio vital e tamanho dos organismos e, ainda, as variáveis abióticas como temperatura, OD, pH e dureza da água.

Desse modo, no presente estudo, procurou-se identificar as possíveis fontes de variação que pudessem alterar as CL(1)50-96h obtidas. Para tanto, utilizou-se análises de regressão múltipla, considerando a ocorrência simultânea dos eventos, nas quais a variável dependente foi a CL(1)50 determinada, sendo consideradas como variáveis independentes o peso, comprimento padrão, temperatura, pH e OD. Nesta análise foram correlacionados, para cada teste, os valores das CL(1)50-96h (Tab. 1) e as médias das variáveis mencionadas que apresentaram flutuações ao longo das séries, conforme demonstrado nas Tabelas de 2 a 7.

Pela análise de regressão múltipla, verificou-se não haver dependência das CL(1)50-96h obtidas em relação ao conjunto das variáveis estudadas ( $P < 0,05$ ), indicando que estas não contribuíram para os coeficientes de variação obtidos (Tab. 1). Entretanto, uma correlação possivelmente significativa foi detectada na série de testes com  $K_2Cr_2O_7$  ( $r_2 = 0,97$  e  $P = 0,07$ ), devido particularmente às oscilações nos teores de oxigênio dissolvido.

Outro aspecto que foi considerado neste trabalho refere-se à utilização de concentrações nominais dos agentes tóxicos para os cálculos de CL(1)50, que poderiam não estar refletindo as concentrações reais a que os organismos estariam expostos. Neste sentido, análises químicas foram efetuadas, uma vez ao menos, nas várias

Continua na pág. 58

Tabela 1 — Resultados dos testes de toxicidade aguda a *Brachydanio rerio* e coeficientes de variação das séries estudadas

TESTE	CL(1)50-96h mg/L					
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	$NH_4Cl$	$C_6H_5OH$	DDT Grau Técnico(54%)*	$K_2Cr_2O_7$
1	0,75	134,9	331,0	33,9	16,0	94,0
2	0,67	100,0	290,0	29,5	9,0	144,0
3	0,52	75,9	282,0	27,5	9,5	125,0
4	0,52	87,1	290,0	27,5	7,6	120,0
5	0,56	79,4	315,0	27,5	11,0	120,0
6	0,70	109,6	265,0	25,1	9,0	132,0
7	0,51	109,6	380,0	25,7	12,0	132,0
8	0,43	93,5	331,0	26,3	8,5	132,0
9	0,47	—	331,0	25,1	9,0	151,5
10	0,54	—	268,5	20,9	12,0	116,0
n	10	8	10	10	10	10
x	0,57	96,7	308,4	26,8	10,3	126,7
s	0,10	19,3	35,8	3,4	2,5	16,0
c.v.(%)	17,8	19,9	11,6	12,7	24,3	12,6

\* valores em  $\mu g/L$

Tabela 2 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média, °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,26 (0,11 a 0,56)	2,6 (1,9 a 3,2)	23,5 (23,0 a 23,5)	8,1 (8,0 a 8,2)	7,5 (7,4 a 7,6)
2	0,24 (0,12 a 0,41)	2,5 (2,0 a 2,8)	23,0 (23,0 a 23,0)	8,2 (8,1 a 8,2)	7,6 (7,5 a 7,6)
3	0,22 (0,12 a 0,45)	2,3 (1,8 a 3,0)	22,8 (22,0 a 24,0)	7,9 (7,8 a 8,1)	7,7 (7,4 a 7,9)
4	0,23 (0,12 a 0,39)	2,3 (1,9 a 2,7)	22,7 (22,0 a 24,0)	8,0 (7,8 a 8,1)	7,7 (7,7 a 7,8)
5	0,24 (0,12 a 0,39)	2,2 (1,9 a 2,8)	23,4 (23,0 a 24,0)	7,9 (7,6 a 8,1)	7,6 (7,3 a 7,9)
6	0,22 (0,13 a 0,41)	2,2 (1,7 a 3,1)	23,4 (23,0 a 24,0)	7,9 (7,7 a 8,1)	7,5 (7,3 a 7,7)
7	0,35 (0,12 a 0,59)	2,7 (1,8 a 3,2)	23,7 (23,0 a 24,0)	7,8 (7,6 a 8,0)	7,2 (7,0 a 7,3)
8	0,35 (0,14 a 0,54)	2,6 (2,0 a 3,0)	23,7 (23,0 a 24,0)	7,8 (7,6 a 8,0)	7,3 (7,2 a 7,4)
9	0,34 (0,14 a 0,65)	3,0 (2,3 a 3,5)	23,7 (23,5 a 24,0)	7,8 (7,6 a 8,0)	7,5 (7,4 a 7,6)
10	0,31 (0,20 a 0,62)	2,9 (2,5 a 0,35)	22,7 (20,0 a 24,0)	7,8 (7,6 a 8,0)	7,7 (7,6 a 7,8)

Tabela 3 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média, °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,18 (0,06 a 0,40)	2,1 (1,5 a 2,8)	23,2 (23,0 a 23,5)	7,1 (6,8 a 7,4)	7,2 (6,6 a 7,5)
2	0,22 (0,11 a 0,47)	2,2 (1,8 a 3,0)	23,2 (22,5 a 24,0)	7,2 (6,8 a 7,6)	7,6 (7,5 a 7,7)
3	0,20 (0,08 a 0,37)	2,2 (2,4 a 2,6)	23,2 (22,5 a 24,0)	7,2 (7,0 a 7,4)	7,5 (7,4 a 7,6)
4	0,21 (0,09 a 0,39)	2,2 (1,6 a 2,7)	23,4 (23,0 a 24,0)	7,3 (7,0 a 7,5)	6,9 (6,6 a 7,2)
5	0,26 (0,09 a 0,52)	2,3 (1,6 a 3,0)	23,1 (21,5 a 23,7)	7,2 (7,0 a 7,5)	7,0 (6,8 a 7,1)
6	0,27 (0,20 a 0,39)	2,4 (2,1 a 2,7)	23,6 (23,5 a 24,0)	7,0 (6,9 a 7,2)	7,1 (6,6 a 7,6)
7	0,28 (0,16 a 0,45)	2,4 (2,0 a 2,8)	23,8 (23,5 a 24,0)	7,0 (6,7 a 7,2)	6,9 (6,6 a 7,4)
8	0,22 (0,12 a 0,37)	2,6 (2,1 a 2,9)	23,4 (23,0 a 24,0)	7,8 (7,6 a 7,8)	7,3 (7,2 a 7,3)



Tabela 4 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com  $NH_4Cl$ 

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,32 (0,11 a 0,50)	2,8 (2,2 a 3,8)	23,9 (23,5 a 24,0)	7,6 (7,5 a 7,9)	6,9 (6,8 a 7,0)
2	0,33 (0,18 a 0,48)	2,7 (2,3 a 3,0)	23,6 (23,0 a 24,5)	7,6 (7,4 a 7,9)	7,0 (6,9 a 7,2)
3	0,28 (0,11 a 0,5 )	2,6 (1,9 a 3,1)	23,6 (23,0 a 24,0)	7,6 (7,4 a 7,9)	7,0 (6,9 a 7,3)
4	0,30 (0,15 a 0,65)	2,6 (2,2 a 3,2)	23,6 (23,5 a 24,2)	7,6 (7,5 a 7,8)	6,9 (6,8 a 7,2)
5	0,29 (0,16 a 0,40)	2,4 (2,0 a 2,8)	23,4 (22,5 a 24,0)	7,6 (7,4 a 7,8)	Não mensurado
6	0,32 (0,15 a 0,51)	2,8 (2,1 a 3,3)	23,5 (23,0 a 24,0)	7,6 (7,4 a 7,8)	Não mensurado
7	0,23 (0,02 a 0,34)	2,0 (0,9 a 2,6)	23,3 (22,0 a 24,0)	7,6 (7,4 a 7,7)	7,1 (6,8 a 7,2)
8	0,14 (0,04 a 0,26)	1,9 (1,4 a 2,5)	23,5 (23,2 a 24,0)	7,7 (7,5 a 8,0)	7,4 (7,2 a 7,6)
9	0,15 (0,06 a 0,27)	1,9 (1,5 a 2,4)	23,5 (23,0 a 24,0)	7,7 (7,5 a 7,8)	7,1 (7,0 a 7,3)
10	0,25 (0,10 a 0,48)	2,6 (2,0 a 3,4)	23,0 (22,0 a 24,0)	7,6 (7,4 a 8,0)	7,3 (7,2 a 7,4)

Tabela 5 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com Fenol

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,15 (0,06 a 0,35)	2,0 (1,6 a 2,5)	23,5 (23,0 a 23,7)	7,9 (7,7 a 8,1)	6,4 (6,1 a 6,6)
2	0,13 (0,04 a 0,31)	1,9 (2,3 a 2,5)	23,4 (23,0 a 24,0)	7,9 (8,0 a 8,1)	6,5 (6,0 a 7,0)
3	0,11 (0,04 a 0,24)	1,8 (1,4 a 2,3)	23,5 (23,0 a 24,5)	8,0 (7,9 a 8,3)	6,7 (6,5 a 6,8)
4	0,11 (0,04 a 0,20)	1,8 (1,4 a 2,3)	23,4 (23,0 a 24,5)	8,1 (7,8 a 8,3)	6,6 (6,2 a 6,9)
5	0,12 (0,05 a 0,24)	1,9 (1,6 a 2,4)	23,0 (22,0 a 23,8)	7,9 (7,7 a 8,1)	6,5 (6,4 a 6,7)
6	0,13 (0,07 a 0,33)	1,9 (1,6 a 2,6)	22,5 (21,5 a 23,5)	7,9 (7,7 a 8,1)	6,7 (6,6 a 7,0)
7	0,24 (0,07 a 0,49)	2,2 (1,5 a 2,8)	23,7 (23,5 a 24,0)	8,0 (7,9 a 8,1)	5,7 (4,7 a 7,5)
8	0,24 (0,11 a 0,49)	2,3 (1,8 a 2,8)	23,7 (23,5 a 24,0)	8,0 (7,8 a 8,1)	4,7 (2,7 a 7,6)
9	0,18 (0,08 a 0,45)	2,1 (1,8 a 2,5)	23,7 (23,5 a 24,5)	8,0 (7,7 a 8,1)	6,7 (6,6 a 7,2)
10	0,30 (0,08 a 0,60)	2,5 (1,7 a 3,1)	23,8 (23,0 a 24,0)	7,5 (7,2 a 7,7)	7,2 (6,0 a 7,6)

Tabela 6 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com DDT

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,19 (0,09 a 0,39)	2,0 (1,7 a 2,6)	23,3 (21,3 a 24,0)	8,0 (7,7 a 8,2)	7,2 (6,6 a 7,6)
2	0,29 (0,12 a 0,58)	2,3 (1,7 a 2,9)	23,5 (22,5 a 24,5)	7,8 (7,6 a 8,0)	6,7 (5,4 a 7,4)
3	0,24 (0,14 a 0,45)	2,2 (1,9 a 2,6)	23,0 (22,5 a 23,5)	7,9 (7,7 a 8,2)	6,6 (5,7 a 7,5)
4	0,26 (0,12 a 0,56)	2,3 (1,8 a 2,8)	23,2 (22,5 a 23,5)	8,1 (7,8 a 8,2)	6,0 (5,2 a 6,5)
5	0,17 (0,10 a 0,36)	2,0 (1,7 a 2,4)	23,0 (23,0 a 23,0)	7,9 (7,8 a 8,0)	6,1 (5,1 a 6,7)
6	0,20 (0,13 a 0,29)	2,1 (1,8 a 2,4)	23,6 (23,0 a 24,0)	7,8 (7,7 a 8,0)	6,1 (5,9 a 6,3)
7	0,23 (0,13 a 0,33)	2,2 (1,8 a 2,5)	22,7 (22,0 a 23,0)	7,9 (7,7 a 8,0)	5,9 (4,9 a 6,5)
8	0,24 (0,13 a 0,40)	2,2 (1,8 a 2,6)	23,0 (22,8 a 23,0)	7,9 (7,6 a 8,0)	6,5 (5,9 a 7,2)
9	0,26 (0,11 a 0,36)	2,3 (1,8 a 2,6)	23,4 (22,5 a 24,5)	7,9 (7,8 a 8,0)	6,5 (5,6 a 7,0)
10	0,50 (0,28 a 0,84)	3,4 (2,9 a 3,8)	23,5 (23,0 a 24,0)	7,5 (7,4 a 7,6)	6,4 (5,0 a 7,2)

Tabela 7 — Variáveis bióticas e abióticas analisadas nos testes de toxicidade com  $K_2Cr_2O_7$

TESTE	ORGANISMO-TESTE		SOLUÇÃO-TESTE		
	Peso médio, em gramas (Amplitude)	Comprimento padrão médio, em centímetros (Amplitude)	Temperatura média °C (Amplitude)	pH médio (Amplitude)	O.D. médio, em mg/L (Amplitude)
1	0,30 (0,14 a 0,54)	2,6 (2,1 a 3,0)	23,5 (22,5 a 24,0)	6,4 (5,8 a 7,2)	Não mensurado
2	0,36 (0,18 a 0,76)	2,6 (2,1 a 3,3)	21,4 (19,5 a 23,5)	6,7 (6,2 a 7,1)	7,1 (7,0 a 7,3)
3	0,31 (0,17 a 0,62)	2,5 (2,0 a 3,1)	21,6 (20,0 a 23,5)	6,8 (6,4 a 7,4)	Não mensurado
4	0,35 (0,12 a 0,65)	2,6 (1,9 a 3,2)	20,8 (20,0 a 21,5)	6,8 (6,4 a 7,2)	5,9 (5,5 a 6,2)
5	0,32 (0,17 a 0,58)	2,6 (2,1 a 3,3)	23,5 (20,0 a 21,5)	6,8 (6,4 a 7,2)	6,6 (5,7 a 7,1)
6	0,30 (0,17 a 0,49)	2,5 (2,1 a 2,9)	22,3 (20,5 a 23,5)	6,7 (6,4 a 7,2)	7,0 (6,7 a 7,3)
7	0,32 (0,16 a 0,48)	2,5 (2,1 a 2,9)	22,3 (20,5 a 23,5)	6,7 (6,3 a 7,2)	7,0 (6,6 a 7,2)
8	0,18 (0,11 a 0,34)	2,0 (1,7 a 2,5)	23,4 (23,0 a 24,0)	6,7 (6,2 a 7,2)	7,3 (7,0 a 7,5)
9	0,23 (0,13 a 0,39)	2,1 (1,8 a 2,6)	23,4 (23,0 a 23,8)	6,7 (6,2 a 7,2)	7,3 (7,0 a 7,5)
10	0,21 (0,09 a 0,44)	2,1 (1,6 a 2,8)	23,0 (22,0 a 23,7)	6,6 (6,2 a 7,2)	7,0 (6,8 a 7,2)

soluções testadas em cada experimento, sendo que os desvios entre os valores das concentrações determinadas analiticamente e suas respectivas concentrações nominais não evidenciaram qualquer relação com os resultados de CL(1)50. Ainda foi verificada uma boa coerência entre as concentrações nominais e os resultados biológicos (Cetesb, 1978 b; Cetesb, 1978 c).

A esse respeito, Stephan (1977) ressaltou que as concentrações medidas de uma substância variam em grande parte devido a erros analíticos. Esse autor citou também que essa fonte de variação pode alterar o intervalo de confiança dos resultados, mas não a CL50 determinada, e que a variação biológica num teste de toxicidade deve ser muito maior do que a variabilidade da concentração de um agente tóxico.

Assim, verifica-se que, mesmo após a identificação e eliminação das prováveis fontes de variação na execução de testes de toxicidade com fluxo-contínuo, ainda persiste uma variação residual, expressa através dos coeficientes de variação. Sprague (1985) afirma que essa variação se deve a fatores ao acaso não controláveis, tal como a diferença individual na resistência dos organismos.

Bulich *et alii* (1981), comparando dados de CE50 (concentração efetiva a 50% dos organismos) de substâncias puras, utilizando o sistema Microtox, obtiveram um coeficiente de variação de 18,2%, que foi considerado pelos autores como um valor aceitável para ensaios biológicos. Schaeffer *et alii* (1987), ao analisarem a variabilidade de diversos métodos para avaliar efeitos de agentes químicos a organismos aquáticos e seu significado ecológico, recomendam o uso de testes de toxicidade que apresentem coeficientes de variação menores que 20%.

Considerando a aplicação dos testes de toxicidade no controle da poluição hídrica verifica-se, pelos resultados apresentados, que o teste de toxicidade aguda, pelo sistema de fluxo-contínuo, demonstra coeficientes de variação comparáveis aos das análises físico-químicas utilizadas para o mesmo fim. Por exemplo, Fredricksson & Román (1985) estabeleceram, para análises físico-químicas, intervalo de coeficientes de variação entre 5% (meta a ser atingida) e 25% (ao nível do limite de detecção analítica).

Outro aspecto que deve ser considerado e que não foi abordado nesse estudo, refere-se à precisão interlaboratorial dos testes de toxicidade aguda com peixes. Naturalmente, deve-se esperar uma maior variabilidade dos resultados quando estes são comparados entre laboratórios, pois dentre outros aspectos, pode não haver uniformidade nas condições de manutenção dos organismos e nas condutas analíticas. Peltier & Weber (1985) demonstraram que, em testes de fluxo-contínuo com período de 96 horas de duração, com os peixes *Pimephales promelas*, *Salmo gairdneri* e *Cyprinodon variegatus*, o coeficiente de variação, entre seis laboratórios, oscilou de 32 a 50% com a substância nitrato de prata e de 43 a 46% com Endosulfan.

Os resultados apresentados e discutidos no presente estudo subsidiam a aplicação desse método analítico, ou seja, o sistema de fluxo-contínuo, para a avaliação da toxicidade aguda de agentes químicos a peixes.

#### Agradecimento

Os autores agradecem ao Estatístico Antonio de Cas-

tro Bruni a colaboração no tratamento dos dados.

#### Referências Bibliográficas

- Alexander, D.G. and Clarke R. McV. The selection and limitations of phenol as a reference toxicant to detect differences in sensitivity among groups of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Water Research* 12: 1085-1090. 1978.
- Buikema, A.L.; Aniederlehner, b.r.; Cairns, J. Jr. Biological Monitoring - Parte IV - Toxicity Testing. *Water Research*, 16 (3): 239-262. 1982.
- Bulich, A.A.; Greene, M.W. and Isenberg, D.L. Reliability of the bacterial luminescence assay for determination of the toxicity of pure compounds and complex effluents. D.R. Branson & K.L. Dickson (Eds.). ASTM-STP 737. p. 338-347. 1981.
- Cetesb. São Paulo. Análises físico-químicas de águas. NT-07. São Paulo. 1978 a.
- Programa Bioensaios. Relatório Parcial n.º 4. 109 pp. São Paulo. 1978 b.
- Padronização de Bioensaios. Programa ISO. Relatório Final. 116 pp. São Paulo. 1978 c.
- CETESB. São Paulo. Avaliação da toxicidade das águas, sedimentos dos rios e efluentes industriais da região de Cubatão. 226 pp. IL. São Paulo. 1986 a.
- Avaliação da toxicidade de efluentes de indústrias de papel e celulose. 51 pp. IL. São Paulo. 1986 b.
- Fredricksson, E.W. & Román, F.J. Processamento de dados do controle de qualidade analítica de laboratórios químicos de água. *Revista DAE*, 45 (143): 347-351. 1985.
- Ircha (Institut National de Recherche Chimique Appliquee). *Etude de l'applicabilité de la mise en emulsion dans l'eau de substances chimiques insolubles a la détermination de la toxicité de ces substances vis-à-vis d'organismes aquatiques*. Note Interne n.º 486/82, pp. 20. IL. 1982.
- Iso (International Organization for Standardization). Proposal for screening chemicals and products for acute toxicity to freshwater fish. ISO/TC - 147/SC - 5 WG3-10. 13 pp. 1975.
- Water quality: Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [*Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan), Teleostei, Cyprinidae]. ISO/DIS 7346/1 2,3. 1982.
- Navas-Pereira *et alii*. Bioensaios: Um programa a serviço do controle da poluição. Resultados iniciais. *Ambiente*, 1 (1): 32-36. 1987.
- Oecd - Organization for Economic Co-Operation and Development. Guidelines for testing of chemicals. "Fish. Acute Toxicity Test". 11 pp. 1981.
- Peltier, W.H. and Weber, C.I. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. Third Edition. EPA/600/4-85/013. Environmental Monitoring and Support Laboratory, USEPA, Cincinnati, Ohio. 1985.
- Schaeffer, D.S. & COX, D.K. and DEEM, R.A. Variability of test systems used to assess ecological effects of chemicals. *Wat. Sci. Tech.* 19 (11): 39-45. 1987.
- Sprague, J.B. Factors that modify toxicity. In G.M. Rand & S.R. Petrocelli (Eds.) *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Hemisphere Publ. Co. p. 124-163. 1985.
- Stephan, C.E. Methods for calculating an LC50. In: *Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation*. ASTM 634. F.L. Mayer and J.L. Hamelink, Eds. pp. 65-84. 1977.
- Thurston, R.V. and RUSSO, R.C. Acute Toxicity of Ammonia to Rainbow Trout. *Transactions of the American Fisheries Society* (112): 696-704. 1983.

# Condições de tráfego e a emissão de poluentes

Eduardo M. Murgel<sup>1</sup>  
Alfred Szwarc<sup>2</sup>

**RESUMO** Os estudos realizados no Brasil, EUA e diversos outros países, relativos à emissão de poluentes pelos veículos automotores leves consideram, como referência, uma velocidade média de tráfego de 31,5 km/h. Todavia, é freqüente, em grandes centros urbanos, uma diminuição sensível nessa velocidade média, em consequência de tráfego congestionado. Este trabalho apresenta um novo ciclo de ensaio de emissão veicular em dinamômetro de chassi, cuja velocidade foi reduzida para 19km/h, simulando uma situação de congestionamento. Com o novo ciclo, verificou-se nos ensaios realizados em oito veículos, um aumento médio de 25% nas emissões de monóxido de carbono, 20% nas emissões de hidrocarbonetos e uma redução de 15% nas emissões de óxidos de nitrogênio. Foi também verificado um aumento de 20% no consumo de combustível.

**Palavras-chave:** poluição do ar, veículos, tráfego.

**ABSTRACT** Automotive emission studies conducted in Brazil, the USA and elsewhere consider 31,5km/h as the reference fleet average speed for light duty vehicles. However, in metropolitan areas, traffic congestion leads to a significant decrease in this average speed. This study presents a new emission driving cycle which simulates, in laboratory conditions, congested traffic with an average speed of 19km/h. Eight vehicles were tested according this new cycle and the results indicate an average increase of 25% for carbon monoxide and 20% for hydrocarbon emissions, as well as a 15% reduction for nitrogen oxides. Also, it was noted a 20% increase in fuel consumption.

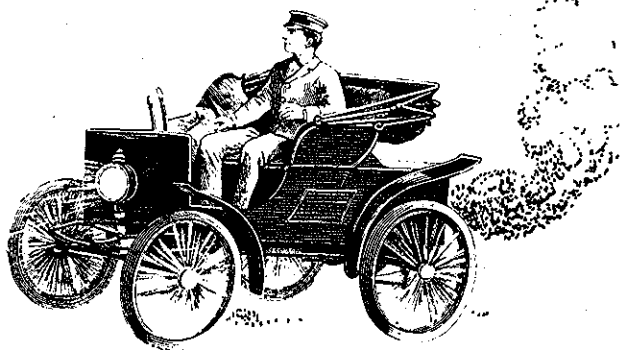
**Key words:** air pollution, vehicles, traffic

**Nos grandes centros urbanos, em especial na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), as vias de tráfego estão a cada dia mais saturadas, provocando uma diminuição da velocidade**

No Município de São Paulo (MSP), segundo estudos da Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, a velocidade média situa-se em torno de 30 km/h. Todavia, em certas ocasiões, observa-se um decréscimo sensível nessa média, causada pelos mais variados fatores, tais como preços convidativos de combustível, deficiências crônicas no sistema viário, etc. Recentemente, no MSP, durante a euforia do início do Plano Cruzado, verificou-se, segundo a CET, uma queda da velocidade na RMSP, chegando a atingir médias com cerca de 30% inferior ao usual.

Por outro lado, diversos fatores podem contribuir para aumentar a velocidade média, como por exemplo os períodos de férias escolares, que acarretam um significativo desafogamento do tráfego.

A finalidade deste trabalho consiste em se determinar a influência de uma diminuição na velocidade média do tráfego na emissão de poluentes pelo escapamento dos veículos leves, visto que esses constituem hoje uma das principais fontes de poluição atmosférica na RMSP, respondendo por 77% do total de monóxido de carbono emitido na região<sup>(1)</sup>. Para tal, elaborou-se um ciclo de condução, que permite simular, em laboratório, condições de congestionamento de tráfego. Oito veículos foram submetidos ao referido ciclo e os resultados foram comparados com um ciclo de condução padrão, representativo das condições normais de trânsito em meio urbano.



<sup>1</sup> Engenheiro da Cetesb

<sup>2</sup> Engenheiro da Cetesb e Mestre em Controle da Poluição Ambiental

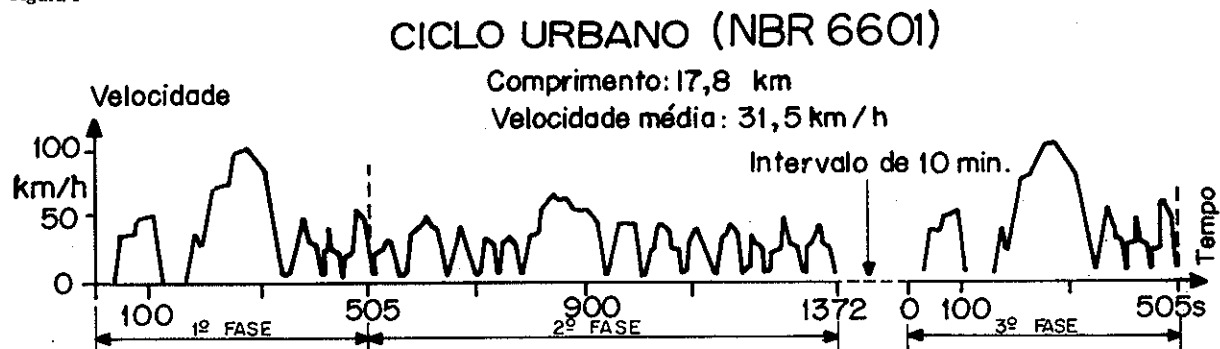
## Revisão Bibliográfica

Embora não se tenha conhecimento de nenhum estudo realizado no Brasil, relativo à influência da velocidade média do tráfego na emissão de poluentes pelos veículos, existem alguns trabalhos, realizados no Exterior, que apresentam dados bastante completos, abrangendo desde estudos específicos em veículos, até planos de reestruturação urbana.

Para se determinar a emissão de poluentes por veículos leves, devem-se ensaiá-los em dinamômetro de chassi, seguindo um ciclo de condução padrão que, no Brasil, é estabelecido pela norma técnica NBR 6601<sup>(1)</sup>.

O ciclo de condução padrão simula uma viagem típica, em área urbana, de 12,1 km e com uma velocidade média de 31,5 km/h. O ensaio completo consiste na reprodução de dois ciclos, sendo um com partida a frio (fase I e II) e outro com partida a quente (fase III), havendo

Figura 1



um intervalo de 10 minutos, com o motor desligado, entre os dois. Conforme pode ser observado na Figura 1, o segundo ciclo (fase III) é idêntico à fase I do primeiro. Portanto, é percorrida uma distância equivalente ao total de 17,8 km, cujos resultados são ponderados entre as fases I e III e somados à fase II através de um procedimento de cálculo apropriado, conforme norma NBR-6601.

Tendo em vista as condições padronizadas do ensaio, o conhecimento da emissão de um veículo, em outras condições de referências, requer uma correção dos resultados obtidos nas condições padrão.

O "Compilation of Air Pollutant Emissions Factors"<sup>(2)</sup>, apresenta uma série de fórmulas, uma para cada ano-modelo de veículo, do fator de correção de emissão em função da velocidade média. Esse fator deve ser multiplicado pela emissão medida no ciclo de condução padrão, que possui uma velocidade média de 31,5 km/h, sendo idêntico ao ciclo normalizado no Brasil. Os fatores de correção são fornecidos para os três principais poluentes de origem veicular: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxido de nitrogênio (NOx). A Tabela-1 apresenta os fatores de correção obtidos para uma situação de congestionamento, com velocidade de 19 km/h e a Tabela-2 mostra o fator de emissão médio, conforme ano-modelo, até 1981, dos veículos leves norte-americanos a gasolina, a 31,5 km/h e a 19 km/h<sup>(3)</sup>.

Conforme se pode observar na Tabela-2, ocorre, sistematicamente, um aumento na emissão de CO e HC quando a velocidade média é reduzida de 31,5 km/h para 19 km/h, enquanto que a emissão de NOx se mantém igual ou é ligeiramente inferior.

Para os veículos ingleses, Apling<sup>(4)</sup> elaborou curvas de fatores de emissão de CO, HC, e NOx em função da velocidade média, entre 10 e 110 km/h, determinando faixas de variação da emissão para os diversos modelos. Aplicando-se as velocidades de 31,5 km/h e 19 km/h nessas curvas, obtêm-se os dados expostos na Tabela-3.

Em trabalho realizado por Ponthieu<sup>(5)</sup>, na França, verificou-se o efeito de uma racionalização do tráfego, que elevou a velocidade média de 15,3 para 21,3 km/h, sobre a emissão de poluentes por veículos. Dessa forma, foi constatada uma melhoria de 20% no consumo de combustível e uma diminuição da emissão de poluentes, da ordem de 15% para o CO, 20% para o HC e 25% para o NOx.

Tabela 1: Fatores de Correção para 19 km/h — USA

Modelo	CO	HC	NOx
pré-68	1,50	1,50	1,00
68	1,56	1,54	0,98
69	1,74	1,52	0,97
70	1,73	1,47	0,93
71	1,68	1,48	0,95
72	1,63	1,48	0,90
73-74	1,70	1,63	0,89
75-77	1,39	1,53	0,84
78-79	1,59	1,56	1,09
80	1,42	1,66	1,00
81	1,41	1,43	1,13

Tabela 2: Fatores de Emissão Médios (g/km) — USA

Modelo	31,5 km/h			19,0 km/h		
	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
Pré-68	48,6	4,5	2,1	72,9	6,8	2,1
68	35,0	2,8	2,7	54,6	4,3	2,6
69	35,0	2,8	2,7	60,9	4,3	2,6
70	26,2	1,9	1,8	45,3	2,8	1,7
71	26,2	1,9	1,8	44,0	2,8	1,7
72	25,3	2,1	1,5	41,2	3,1	1,4
73-74	25,3	2,1	1,5	43,0	3,4	1,3
75-77	11,3	0,7	1,1	15,7	1,1	0,9
78-79	11,3	0,7	1,1	18,0	1,1	1,2
80	3,8	0,2	0,9	5,4	0,3	0,9
81	1,3	0,2	0,4	1,8	0,3	0,5

Tabela-3: Fator de Emissão Característico — Inglaterra

	Emissão (g/km)		
	31,5 km/h (A)	19 km/h (B)	Fator de Correção (B/A)
CO	7 a 30	10 a 38	1,26 a 1,42
HC	1,4 a 3,0	1,9 a 4,1	1,35 a 1,36
NOx	0,8 a 3,5	0,8 a 3,7	1,00 a 1,14

### Hipótese de Trabalho

Uma diminuição da velocidade média de tráfego, sendo provocada por congestionamentos, pressupõe um maior número de acelerações e desacelerações, um aumento do tempo em que os veículos permanecem parados com o motor em marcha-lenta e ainda velocidades mais baixas.

É sabido que no regime de marcha-lenta, o motor opera com uma mistura excessivamente rica em combustível, sendo que a eficiência da combustão fica bastante comprometida, provocando assim uma alta taxa de emissão de CO e HC. Em contrapartida, devido às temperaturas mais baixas do motor em regime de marcha-lenta, visto estar operando sem carga, torna-se insignificante a emissão de NOx nessa condição.

Durante as acelerações e desacelerações, um motor com carburador convencional opera com misturas ricas, isto é, há um excesso de combustível para a quantidade de ar aspirada pelo motor, o que implica novamente um aumento da emissão de CO e HC. Durante as acelerações, há um aumento significativo da carga no motor, resultando em temperaturas e pressões mais elevadas, que implicam em maiores níveis de emissão de NOx.

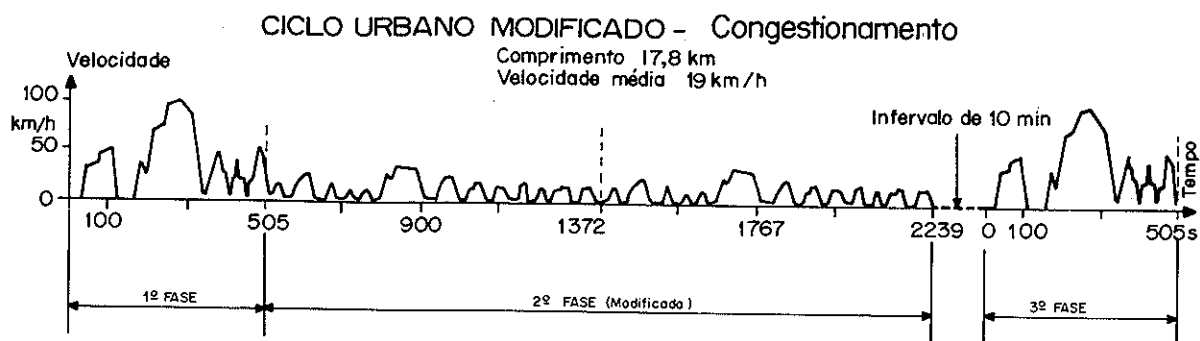
Dessa forma, numa situação de congestionamento, é de se esperar que haja um aumento da emissão de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC), havendo porém, como foi explicado anteriormente, uma redução na emissão de óxidos de nitrogênio (NOx). O consumo de combustível também aumenta, pois está diretamente relacionado com a emissão de CO e HC. A emissão de óxidos de nitrogênio (NOx), tende a aumentar devido ao maior número de acelerações, ou a diminuir em consequência do aumento do período em marcha-lenta. Portanto, é de se esperar uma pequena variação na emissão desse poluente, sendo possível tanto uma diminuição quanto um aumento da mesma.

Os dados já mencionados, apresentados pela USEPA<sup>(3)</sup>, vêm confirmar essa hipótese, enquanto os trabalhos de Apling<sup>(4)</sup> e de Ponthieu<sup>(5)</sup> apontam coincidentemente para um aumento na emissão de CO e HC, mas também para um aumento da emissão de NOx em situações de velocidade média mais baixa.

### Metodologia

Na determinação da influência de uma diminuição da velocidade média de tráfego nas emissões de poluentes, foi considerada uma redução dessa velocidade de 31,5 km/h para 19 km/h. Para tanto, foram utilizados oito veículos de marcas e modelos diferentes, sendo um movido a gasolina e os demais movidos a álcool. Os veículos eram de uso normal, e foram devidamente regulados, conforme as especificações dos fabricantes, antes da realização dos ensaios. Estes foram realizados no Laboratório de Emissão Veicular da Cetesb, em dinamômetro de chassi, com sistema de amostragem em volume constante (CVS) e bancada de analisadores para determinação de CO, HC, NOx e CO<sub>2</sub>. Nos testes foram utilizados combustíveis do tipo comercial.

Figura 2



Cada veículo foi ensaiado quatro vezes, em dias consecutivos, sendo dois ensaios de emissão e consumo conforme descrito na norma NBR 6601<sup>(2)</sup>, que determina um ciclo de condução padrão cuja velocidade média é 31,5 km/h, e dois ensaios realizados também conforme a norma, porém utilizando-se um ciclo de condução modificado, cuja velocidade média é de 19 km/h.

Para se ensaiar os veículos com uma velocidade média de 19 km/h, foi criado um novo ciclo, onde a 2.ª fase, ou fase estabilizada, foi modificada segundo os seguintes critérios, que simulam uma situação de congestionamento (conforme Figura-2):

- a) Redução em 50% da velocidade média da segunda fase.
- b) Redução em 50% da distância percorrida em cada trecho compreendido entre dois períodos consecutivos de marcha-lenta.
- c) Diminuição em 25% das acelerações.
- d) Manutenção das desacelerações.
- e) Limite da velocidade em 32 km/h.
- f) Redução de todas as velocidades, em cerca de 30%, desde que respeitadas as condições anteriores.

A conjugação das condições acima, provoca um aumento considerável dos períodos de marcha-lenta na fase modificada, elevando o tempo nesse regime de 2,5 minutos para 8,9 minutos.

Na execução do ensaio, o ciclo resultante deve ser repetido mais uma vez, a fim de não alterar a distância total percorrida. Portanto, o ciclo congestionamento é composto por três fases, sendo que a primeira e a terceira são idênticas às do ciclo convencional, e a segunda fase consiste em se percorrer duas vezes seguidas a fase estabilizada modificada. Dessa forma, temos como resultado um ciclo com uma velocidade média, na segunda fase, reduzida de 26 km/h para 13 km/h, o que implica uma velocidade média global reduzida de 31,5 km/h para 19 km/h, sendo mantido o percurso total original de 12,1 km.

### Resultados obtidos

Os resultados de interesse dos ensaios realizados nos oito veículos encontram-se na Tabela-4, onde são apresentados os valores médios de emissão de poluentes e consumo de combustível para cada veículo, operados segundo o ciclo convencional e segundo o ciclo modificado (congestionamento).

A Tabela-5 indica a relação entre os resultados obtidos com o ciclo congestionamento e com o ciclo normal, para cada veículo, e a média desses valores, que é o fator de correção, para 19 km/h, da emissão de poluentes pelo escapamento de veículos leves.

Tabela 4: Resultados de Emissão de Poluentes (g/km) e Consumo de Combustível (Autonomia em km/l).

Veículo	Ciclo Normal				Ciclo Congestionamento			
	CO	HC	NOx	Aut.	CO	HC	NOx	Aut.
A*	21,2	2,1	2,2	9,9	30,6	2,3	1,8	8,0
B	16,6	1,9	1,2	7,1	21,3	2,1	0,9	5,8
C	9,8	1,2	1,4	11,1	12,5	1,8	1,5	7,7
D	53,3	7,7	0,5	5,8	54,0	8,2	0,4	4,9
E	9,9	1,7	0,9	8,9	9,3	2,1	0,8	7,4
F	13,3	3,6	1,4	6,7	17,4	4,9	1,2	5,6
G	29,2	3,2	1,5	5,7	39,9	3,2	1,2	4,7
H	15,6	4,6	1,0	7,1	21,0	5,5	0,8	5,7

\* O veículo "A" é movido a gasolina e os demais a álcool.

Tabela 5: Fatores de Correção Obtidos para 19 km/h (Congest./Normal)

Veículo	CO	HC	NOx	Aut.
A*	1,44	1,10	0,82	0,81
B	1,28	1,11	0,75	0,82
C	1,28	1,50	1,07	0,69
D	1,01	1,06	0,80	0,84
E	0,94	1,24	0,89	0,83
F	1,31	1,36	0,86	0,84
G	1,37	1,00	0,80	0,82
H	1,34	1,18	0,78	0,80
Média	1,25	1,19	0,85	0,81
D.P.	0,18	0,17	0,10	0,05

\* O veículo "A" é movido a gasolina e os demais a álcool.

### Discussão dos Dados

Os dados apresentados nas tabelas 5 e 6 indicam um aumento nas emissões de CO e HC e consumo de combustível, e uma redução na emissão de NOx em todos os casos, exceto em um ensaio, o que vem a confirmar a hipótese levantada anteriormente.

Os resultados obtidos pelo veículo a gasolina são bastante próximos à média dos resultados dos veículos a álcool, o que permite analisar conjuntamente os dados de todos os modelos, independentemente do combustível utilizado.

Desta forma, observa-se um aumento médio de 25% na emissão de CO e 20% na emissão de HC. A emissão de NOx sofreu uma redução média de 15% e o consumo de combustível aumentou em 20%.

Estes resultados vêm confirmar a hipótese anteriormente levantada.

Para os veículos nacionais, os fatores de emissão medidos conforme NBR 6601, dos modelos a álcool e gasolina, são apresentados na Tabela-6<sup>(6)</sup>.

Tabela-6: Fator de Emissão (g/km) - Brasil

	Álcool			Gasolina		
	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
média da frota circulante	18,8	1,6	1,1	40,5	3,8	1,4

Aplicando-se os fatores de correção relacionados na Tabela-5 aos fatores de emissão médios da frota circulante expostos na Tabela-6, recalculam-se os fatores de emis-

são médios nas ocasiões em que a velocidade de tráfego for de 19km/h, em média, obtendo-se os seguintes valores:

Veículos a Álcool:

CO = 23,5g/km

HC = 1,9g/km

NOx = 0,9g/km

Veículos a gasolina:

CO = 50,6g/km

HC = 4,6g/km

NOx = 1,2g/km

Comparando-se os dados da literatura com os resultados obtidos, observa-se que os fatores de correção para 19 km/h, segundo a USEPA<sup>(1)</sup>, variam muito conforme o ano-modelo, sendo que o mais próximo dos dados obtidos são os fatores dos modelos 75-77, que indicam um aumento de 39% na emissão de CO e de 53% na emissão de HC, e uma redução da emissão de NOx em 16%. Todos os fatores de correção norte-americanos para CO e HC são superiores aos determinados neste trabalho. Os fatores de correção da USEPA para o NOx, são maiores que um para os modelos mais recentes, coincidindo assim com os valores apresentados por Apling<sup>(4)</sup> e Ponthieu<sup>(5)</sup>. As curvas de correção de Apling são concordantes com os dados obtidos apenas para o CO, apresentando valores superiores na correção do HC. Portanto, os fatores de correção de CO obtidos coincidem com a bibliografia consultada, os de HC foram um pouco inferiores e os de NOx coincidem apenas com os valores norte-americanos referentes aos veículos mais antigos.

### Conclusões

Embora este trabalho ainda seja preliminar, dado o pequeno número de veículos ensaiados, pode-se observar claramente um aumento de cerca de 25% nas emissões de monóxido de carbono (CO) e 20% nas emissões de hidrocarbonetos (HC), bem como uma redução de 15% nas emissões de óxidos de nitrogênio (NOx). Visto que as concentrações de CO e HC na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo são bastante altas em relação aos padrões de qualidade do ar, um agravamento das condições de tráfego, que venha a provocar uma redução sensível na velocidade média das viagens urbanas, pode, realmente, vir a agravar ainda mais a qualidade do ar na cidade.

Além disso, foi verificado um aumento de 20% no consumo de combustível, o que resulta, sem dúvida, em um grande aumento do custo operacional dos veículos, que somados a uma perda de tempo adicional, um aumento da incidência de "stress" nos motoristas, e os danos ambientais, justificam uma grande concentração de esforços no gerenciamento de tráfego, criando ações que venham a melhorar a fluidez do mesmo.

### Referências Bibliográficas

- (1) Cetesb — "Qualidade do Ar na Região de São Paulo e Cubatão" — São Paulo, 1987.
- (2) Associação Brasileira de Normas Técnicas — NBR 6601 — "Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina" — Jun./1981.



(3) U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY —  
"Compilation of Air Pollutant Emission Factors" — Volume II: Mobile Sources — Fourth Edition, 1985.

(4) Apling, A.J. — "Current Understanding of the Technical — Possibilities for Reducing Pollutant Emissions from Motor Cars" — United Kingdom

(5) Ponthieu, J. — "Influence de la Régulation du Trafic Urbain Sur les Émissions de Polluants d'Origine Automobile" — Pollution Atmosphérique n.º 109, Janviers-Mars 1986.

(6) Murgel, E.M. *et alii* — "Inventário de Emissão Veicular — Metodologia de Cálculo" — Revista Engenharia Sanitária — ABES — Vol. 26:3 — 1987.



Continuação da pág. 4

Serviços Públicos, que mantêm redes subterrâneas de utilidades públicas nos subsolos das vias públicas urbanas. Quando aquelas concessionárias desejam implantar seus planejamentos de expansão, ou de reformas, defrontam-se com as dificuldades da detecção, localização e mapeamento daquelas redes, principalmente aquelas cujas tubulações são constituídas de materiais em elevados índices de isolamento eletroeletrônica, isto é, baixas condutividades elétricas; são aquelas em **PVC, cerâmica, alvenarias** não armadas, veiculando fluidos como **águas esgotos, águas pluviais**.

2 — A indústria nacional produz equipamentos satisfatórios quando se trata de detectar, localizar e mapear tubulações enterradas, feitas de **materiais bons condutores eletroeletrônicos**, ou veiculando utilidades como energia elétrica de frequências industriais, telecomunicações, ou fluidos que emitem, ainda que com pouca intensidade, vibrações em frequências detectáveis por alguns equipamentos de superfície. Alguns daqueles equipamentos, importados, de origem alemã, inglesa, japonesa e norte-americana possuem "ganhos" e alternativas operacionais mais variadas do que os equipamentos nacionais. Todavia, mesmo os importados, ressentem de performances confiáveis quando **os materiais das redes são isolantes**. Haja vista que, até a presente data, ao que me consta, os ingleses ainda pesquisam intensamente equipamentos que possam detectar e localizar alvos enterrados, de características eletricamente isolantes; o exército britânico teve amargas experiências no decorrer da chamada "guerra das Malvinas (Falklands)", quando o exército argentino, sagazmente envolveu suas minas terrestres em materiais isolantes, desta forma escapando à detecção eletrônica dos equipamentos convencionais do exército britânico.

3 — A nossa experiência na detecção, localização e mapea-

mento das redes subterrâneas de utilidades públicas, em caráter primeiro **no que concerne às redes do saneamento básico**, através dos trabalhos executados para a então COMASP, de São Paulo, hoje SABESP, envolvendo não somente aqueles serviços como, também em caráter pioneiro, a Proteção Catódica dos quais participou o Dr. Nelson Ellert, por volta de 1970/1971, utilizamos àquela época, equipamento importado alemão, pela inexistência dos nacionais; teríamos a sugerir data vênua com relação ao Dr. Nelson Ellert e colaboradores a seguinte metodologia:

3a. Através dos desenhos cadastrais das tubulações enterradas, **isolantes**, ou o que é **mais provável**, das **informações verbais** dos antigos funcionários das concessionárias, seriam delimitadas **no terreno**, faixas específicas para as implantações dos trabalhos geofísicos de investigação, ou seja, determinações dos parâmetros da Condutibilidade (ou da Resistibilidade) dos solos envoltórios. Já nesta fase, possivelmente as **variações da corrente** gerada pela diferença de potencial injetada demonstraria a presença de "materiais" enterrados, inclusive "tubulações de PVC, cerâmicas e alvenarias não armadas".

3b. Conforme, aliás, afirmam os autores do citado trabalho, às fls. 96, deverá existir "um certo compromisso entre os fatores geométricos — espessura, e elétricos — resistividades das camadas". A nosso ver é uma condição obrigatória tal "compromisso", isto porque desde que observadas as Normas Técnicas Brasileiras no que concerne às implantações das tubulações do Saneamento Básico, é perfeitamente viável o dimensionamento prévio da **camada geológica envoltória daquelas tubulações**; as relações **práticas, reais**, entre camada geológica envoltória em termos de volume, e o espaço volumétrico cruzado pelas tubulações pesquisadas, aduzirão importantes subsídios para as análises

da corrente elétrica circulante, e, por via de consequência, da localização da(s) tubulação(s) sob pesquisas sempre nos referindo àquelas tubulações em PVC, cerâmicas e alvenarias não armadas.

3c. Em um planejamento de estudos e pesquisas seria decidido a adoção seja de um "Caminhamento Elétrico", descrito no trabalho mencionado, seja na "Sondagem Elétrica" ou ainda, na utilização do "Radar de Penetração do Solo". Temos informações que os japoneses já estariam utilizando nas vias públicas dos grandes centros, o sistema do radar de penetração dos solos.

3d. O equipamento nacional disponível para os trabalhos de detecção, localização e mapeamento das tubulações enterradas, de um modo geral, têm seus parâmetros eletromagnéticos e eletrônicos, em torno de: Tensão Nominal 110-220VCA; Frequência 50/60Hz; Resistência de entrada 1.000 ohms; Ampliação Seletiva 100 db; Ampliação de banda larga 106 db; Corrente 50 mA; Resistência de saída (audi-fones) 8 ohms. Para o equipamento importado, o de origem alemã que empregamos nos serviços acima referidos, época 1970/1971, a frequência da radiação injetada oscilava entre 1,45 e 10 KHz.

4 — Provavelmente a partir dos trabalhos — suporte de geofísica, como o que originou esta carta — poder-se-ia pesquisar e desenvolver equipamentos nacionais que viessem contribuir para a detecção, localização e mapeamento das redes de utilidades, **estruturadas em materiais isolantes**, aperfeiçoando os equipamentos disponíveis.

Atenciosamente

Eng.º Civil Márcio Caio de Paula Fernandes  
CREA 608/50 - 6.ª R  
1379/D - 4.ª R  
Rua Guará 67 - São Paulo - Capital  
CEP 01256

# Construindo a "Cultura da Casa"

Após mais de dois anos de reestruturação da Secretaria do Meio Ambiente, creio estar ficando claro, para todos os órgãos integrantes do sistema ambiental, quais são os principais marcos que balisam nossa caminhada.

O primeiro marco conceitual é o que define o ambiente como o entorno físico em que ocorrem as atividades das pessoas; este entorno pode ser "verde" (as matas, as águas, as praias etc.) ou "natural"; mas também pode ser "cinza" (ambientes urbanos) ou "artificial, construído, cultural".

Enfrentamos questões ambientais em ambas as categorias; e as ações que empreendermos podem ser classificadas como: preservação, conservação, defesa, recuperação, melhoria do ambiente.

Exemplificarei esta classificação com algumas ações empreendidas pela S.M.A. e o sistema que comanda. Preparamos a licitação para contratar consultores que nos proporão a regulamentação de uso do solo de 16 A.P.A.s (Áreas de Proteção Ambiental), a fim de preservarmos e conservarmos o ambiente, a flora e fauna e a paisagem natural de importantes áreas do Estado. Esta regulamentação, à qual se acrescenta a que já está sendo preparada para a APA de Corumbataí, determinará o que se pode e o que não se pode fazer nessas áreas que permanecem de propriedade privada.

Outras ações que exemplificam a conservação do "verde" são, na Estação Ecológica da Juréia, a implantação do quartel e da fiscalização conjunta DEPRN-Polícia Florestal, a permuta de áreas que permitirá ao Estado ser proprietário de toda a região do rio Verde, o projeto do setor de Itinguçu, com suas corredeiras, e o plano diretor de uso e conservação, ora em elaboração.

A participação ativa e atenta da S.M.A. na elaboração da Constituição paulista constitui exemplo de uma ação de defesa do meio ambiente. No texto e nas emendas por nós preparadas e debatidas pelos órgãos que constituem o siste-

**JORGE WILHEIM**



*Jorge Wilhelm, arquiteto, é secretário Estadual do Meio Ambiente de São Paulo*

ma, há importantes precisões e inovações.

A recuperação de áreas degradadas tem sido feita seja no verde, seja no cinza. A recuperação das matas ciliares do Jacaré-Pepira ou a aerosemeadura por "pellets" no Cubatão, são bons exemplos do primeiro. E, quanto ao "cinza", a recuperação das águas poluídas do rio Mogi ou os controles de poluição industrial e veicular, são bons exemplos de ações recentes.

Diversas ações para a melhoria do ambiente têm sido realizadas: as tarefas cotidianas de implantação das diversas etapas do PROCONVE — Programa de Controle de Poluição por Veículos — que neste ano já resultou em retirada do chumbo da gasolina e redução de 48 para 24 gramas de CO por km. rodado; a campanha de mobilização da opinião pública contra a diminuição de álcool que acarreta aumento da emissão de CO, são exemplos de melhorias no campo do "cinza".

Paralelamente, a implantação do grande Parque Ecológico Monsenhor Emílio José Salim (285ha) em Campinas e do Núcleo de Lazer e Educação Ambiental do Instituto de Botânica, na Capital, constituem importantes exemplos de melhorias no campo do "verde".

No desempenho de nossas atividades temos enfrentado problemas políticos e sociais: seja a reação de Prefeitos, que sofrem fortes pres-

*"Não há bons ventos para quem não sabe para onde quer ir".*

SÊNECA

sões locais, seja a ação de posseiros em seu cotidiano esforço de sobrevivência. Temos, portanto, que enfrentar um setor que não é apenas verde ou cinza; chamemo-lo de "vermelho": o desenvolvimento ecologicamente sustentado.

Conforme se lê na "Política Estadual do Meio Ambiente", consideramos a dimensão ambiental como inerente, inseparável, imprescindível ao verdadeiro desenvolvimento (junto com o crescimento econômico e a equidade social).

Estamos enfrentando estas questões na prática, no Vale do Ribeira e no Litoral Norte, estabelecendo novas regras do jogo no trato de atividades econômicas no entorno de parques; é o caso da caxeta, do palmito, da ostricultura, da lenha, das plantas medicinais etc. Até outubro teremos experiência suficiente para debatermos este assunto em um importante seminário de avaliação.

A própria reestruturação de nossa Secretaria está sendo moldada por essas ações. Assim, a montagem de um banco de dados de questões ambientais será alimentada em boa parte pelo monitoramento da qualidade ambiental. Amarram-se funcionalmente, neste exemplo, a ação de uma diretoria da CETESB com uma coordenadoria da S.M.A. De forma análoga já são inúmeras as ações em que técnicos de diversas unidades do sistema têm atuado juntos. Cria-se assim, pouco a pouco, a "cultura da casa", o espírito de uma secretaria nova, fortemente exposta a uma conjuntura que privilegia tudo o que ocorre, de bom ou de ruim, no meio ambiente.

Tudo leva a crer que, em 4 anos de ações lucidamente inseridas na política estadual do meio ambiente, seremos capazes de construir essa "cultura", este hábito de trabalho conjunto, voltado para a defesa e a melhoria da qualidade ambiental, atendendo a um justo reclamo da sociedade.

**A PRESERVAÇÃO  
DO MEIO  
AMBIENTE,**

**SEMPRE FOI  
UMA QUESTÃO  
MUITO CLARA  
PARA A  
CITROSUCO.**

Tão clara, que a Citrosuco implantou na sua unidade de Matão, em mais uma iniciativa pioneira, o sistema de Biodigestor de Fluxo Ascendente, inédito no Brasil. Além de ser mais barato e eficiente, ele produz o gás metano, utilizado nos motores e veículos, evitando a poluição. Gradualmente, este sistema será implantado em todas unidades.

Esta questão é tão clara, que a Citrosuco vai estender os benefícios dessa nova tecnologia, em convênio com a prefeitura local, para o tratamento dos esgostos da cidade.

Iniciativas deste porte, demonstram, que para a Citrosuco a preservação do meio ambiente sempre foi uma questão muito clara.



**CITROSUCO**

CITROSUCO PAULISTA S.A.