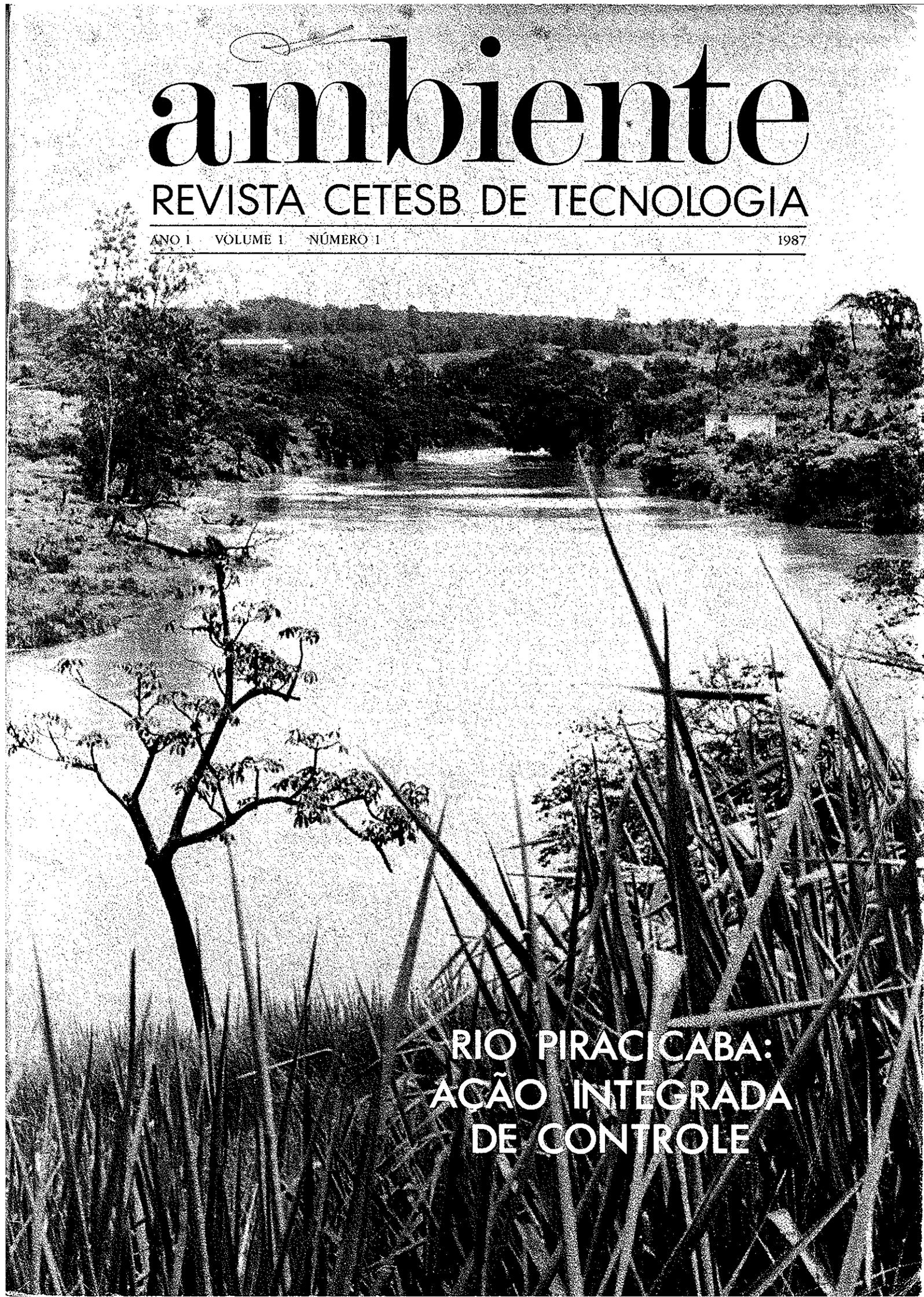


ambiente

REVISTA CETESB DE TECNOLOGIA

ANO 1 VOLUME 1 NÚMERO 1

1987



RIO PIRACICABA:
AÇÃO INTEGRADA
DE CONTROLE

ambiente

REVISTA CETESB DE TECNOLOGIA



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Samuel Murgel Branco
Presidente

Soc. Antônio de Andrade
Eng.º Gabriel Murgel Branco
Soc. José de Ávila A. Coimbra
Eng.º José Carlos Derísio, MsC
Eng.º Roberto E. B. Centurión

AMBIENTE - Revista CETESB de Tecnologia - é uma publicação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Diretor Responsável:** Prof. Samuel Murgel Branco. **Editor:** Esther Calichman (MTb 12.044); **Editor de Arte:** Eduardo Marzagão Tommasini; **Revisão:** Mariza dos Passos e Maria Madalena Delphino Barbosa; **Processamento de Textos:** Antoinette K. Colasurdo e Hebe Leite; **Desenhos e Arte Final:** José Geraldo Ribeiro Neto; **Distribuição:** Attilio Brunacci; **Fotocomposição:** Bandeirante S.A. Gráfica e Editora; **Impressão:** Gráfica da CETESB. **Redação:** Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 - Prédio 1 - 1º andar, telefone 210-1100, 05459, São Paulo, Brasil. Os conceitos emitidos nos artigos assinados são de responsabilidade dos autores. A redação solicita que lhe seja comunicada qualquer transcrição, referência ou apreciação dos artigos da Revista.

Letter to the Reader	2
Carta ao Leitor	3
Ambiente Mundial	4
CONTROLE DA POLUIÇÃO NA BACIA DO RIO PIRACICABA EM 1985 José Carlos Derísio	6
ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ José Arnaldo Gomes, Hideo Kawai e Marcelo C. Jahnel	12
NOTAS SOBRE O ZOOPLÂNCTON, BENTOS E FUNGOS NA REPRESA BILLINGS Aristides Almeida Rocha e Augusto Merighi Junior	18
INFLUÊNCIA DA TRIFURALINA SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA BIOLOGIA DE PLANÁRIAS DE ÁGUA DOCE Comportamento do herbicida em laboratório Olentina de Souza Lima e Luci Aparecida Queiroz	24
PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES Gabriel Murgel Branco e Alfred Szwarc	27
BIOENSAIOS: UM PROGRAMA A SERVIÇO DO CONTROLE DA POLUIÇÃO. RESULTADOS INICIAIS. Denise Navas Pereira, Elenita Gherardi-Goldstein, Pedro Antonio Zagatto e Roberto Sassi	32
ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE OS EFEITOS DE BAIXAS CONCENTRAÇÕES DE DETERGENTES ANIÔNICOS NA FORMAÇÃO DO BISSO EM <i>BRACHIDONTES SOLISIANUS</i> Waldir Malagrino, Norival Pereira e Aristides Almeida Rocha	37
APONTAMENTOS DE INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO AMBIENTAL Germano Seara Filho	40
EMISSÕES DE RADIOFREQUÊNCIA NO AMBIENTE URBANO Antonio Alessio Filho, Cláudia Condé Lamparelli e Jesus Gonzalez Hernandez	45
FORMAS DE HABITAR EM CUBATÃO. SUBSÍDIOS PARA A AVALIAÇÃO DE SAÚDE AMBIENTAL Celina Franco Bragança e Lucia Carmen Cardinale Opdebeek	48

Letter to the Reader

AMBIENTE, the Environmental Technology CETESB's magazine

An agency like CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Environmental Sanitation Technology State Company) which has as one of its main purposes the development of technologies and know-how on environmental subjects, must offer its scientific and technical products in a serious and appropriated way to the public interested in those products, who will evaluate them and use them. That has been the intention of some of CETESB's administration in the past - since the first one, headed by Mr. Octacilio Caldeira who drew up a plan for a high level technical magazine. That decision was postponed because at that time CETESB (then a basic sanitation technological center) dealt exclusively with basic sanitation technology and this matter was perfectly fitted to the excellent magazine "Revista DAE" which also belongs to the State Administration and is specialized in that field.

With CETESB's growth the magazine became insufficient to contain all the subjects raised with a great number of new activities. That happened for instance with the introduction of "air pollution" and "soil pollution" matters which although belonging to the general concept of Sanitation do not have exactly the same public interested in themes like "water" and "sewage", traditionally published by Revista DAE. More recently, CETESB was assigned to work in the fields of research and technological development which are completely out of the concept of Sanitation. The agency now deals with diversified matters generally linked to environmental impacts, including very different experiments on toxicological effects on different ecosystems, social and economical consequences of the implementation of large enterprises, cartographic systems representatives of the environmental quality, techniques for oil pollution control in the coastal ecosystems, improvement of the biological techniques for toxicity evaluation, genetic mutation and other sorts of effects on different ecological systems, effects of radiation, changes in the nature of soils. After all, there is a great variety of subjects which do not interest specifically the basic sanitation designer and are almost completely out of the field which characterizes Revista DAE and in which this magazine has been remarkable during the last 50 years.

In this sense, CETESB's technicians were obliged to publish their articles in magazines specialized in the most different areas like biology, biochemistry, sociology, economy etc. However, those magazines were not often dedicated to the technological objectives. Then, those articles in some way became "lost" for the technician who is interested in the development of new technologies in the environmental protection field. Just to have an idea about the problem, in the last four years the Research Department of CETESB alone has published around 100 original papers. In addition to this, a number of contributions have not been published due to a lack of a suitable periodical.

The purpose of AMBIENTE is to publish original papers (or eventually reviews) on Environmental Technology including studies on ecosystems aiming objectively their preservation, technical innovations of processes and structures of environmental quality control. Although the aim of this magazine is to publish CETESB's intellectual output, it also seeks to - as long as space is available - publish external contributions so as to contribute, as far as it can, to publish good papers in this field and to improve the cultural interchange between our researchers and those belonging to other institutions which dedicated their effort to this purpose. On the other hand, we have tried to stimulate our authors to keep on publishing papers in the specific field of Sanitary Engineering in Revista DAE and in magazines dedicated to sanitation matter existing in this country and abroad.

We believe that with this first number CETESB will be making a long step and carrying out a task upon itself: to make known the technology obtained in its original experiments and studies, thus helping to bring about the development of the national environmental technology aimed at the solution of our third world country's specific problems by using only those resources compatible with our economical, ecological and social character.

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente da CETESB

AMBIENTE

AMBIENTE, a Revista CETESB de Tecnologia

Os produtos técnico-científicos de uma entidade como a CETESB, que tem como uma de suas principais finalidades a geração de novas tecnologias e conhecimentos sobre Meio Ambiente, devem ser oferecidos de maneira apropriada e séria ao público interessado, que os avaliará e deles fará uso. Essa tem sido a preocupação de algumas das administrações da CETESB no passado, desde a primeira, a cargo do engenheiro Octacílio Caldeira, que chegou a realizar o projeto completo de uma revista técnica de alto nível. Entretanto, tal decisão foi sendo postergada, já que a CETESB (ou "o CETESB", como era denominado o então "Centro Tecnológico de Saneamento Básico") se ocupava exclusivamente de tecnologia de saneamento básico, assunto que era perfeitamente abrigado pela excelente "Revista DAE", também da Administração do Estado, especializada nesse campo da Engenharia.

Com o crescimento e, principalmente, a diversificação dos assuntos abordados pela CETESB, tal veículo foi-se tornando insuficiente. Principalmente com a introdução das disciplinas de "poluição do ar" e "poluição do solo" que, embora constantes do conceito geral de Saneamento, não têm exatamente o mesmo público que se dedica normalmente a águas e esgotos, que constitui o assunto tradicionalmente abordado pela Revista DAE. Mais recentemente, à CETESB foram atribuídas funções de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico que extrapolam completamente ao conceito de Saneamento. Trata-se de uma atividade de caráter multidisciplinar, voltada para impactos ambientais de modo geral, incluindo pesquisas muito diversificadas, sobre: efeitos toxicológicos em ecossistemas os mais diversos; consequências de natureza sócio-econômica da implantação de grandes empreendimentos; sistemas cartográficos representativos da qualidade ambiental; técnicas de contenção da poluição dos ecossistemas costeiros por petróleo; refinamentos das técnicas biológicas para avaliação de toxicidade, mutagenicidade e outros tipos de efeitos sobre os mais variados ecossistemas; efeitos de radiações; alterações da natureza do solo. Enfim, uma grande variedade de assuntos de interesse não específico do engenheiro projetista de saneamento básico, fugindo, pois, quase completamente ao campo que caracteriza a Revista DAE e em que ela se notabilizou ao longo de seus 50 anos de existência.

Isso tem obrigado os pesquisadores da CETESB a recorrer a revistas especializadas nas mais diversas áreas de conhecimento, como biologia, bioquímica, sociologia, economia etc., mas que nem sempre são aplicadas aos objetivos tecnológicos, onde ficam pois, até certo ponto, "perdidas" para o interessado no desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à proteção ambiental. Apenas para se ter uma idéia do problema, nos últimos quatro anos, só a Diretoria de Pesquisa da CETESB publicou cerca de 120 trabalhos originais. Além destes, um número significativo de contribuições ficou reprimido, por falta de um periódico adequado.

O escopo de AMBIENTE será, pois, o de publicar trabalhos originais (ou, eventualmente, de revisão) sobre Tecnologia Ambiental, compreendendo desde estudos de ecossistemas visando objetivamente à sua preservação, até inovações técnicas em processos e estruturas de controle da qualidade ambiental. Embora a revista tenha como finalidade precípua dar vazão à produção intelectual da CETESB, ela tem interesse, na medida de sua disponibilidade de espaço, em publicar contribuições externas, para auxiliar de todas as maneiras que estiverem ao seu alcance na divulgação de bons trabalhos nesse campo e enriquecer o intercâmbio cultural entre os nossos pesquisadores e o de outras entidades que se dedicam ao mesmo mister. Por outro lado, procuraremos estimular os nossos autores a continuar publicando trabalhos de interesse específico da Engenharia Sanitária na Revista DAE e outras revistas de saneamento existentes no País e no Exterior.

Acreditamos que, com este primeiro número, a CETESB estará dando mais um passo importante e realizando mais uma das tarefas que lhe incumbem: a de dar divulgação aos conhecimentos adquiridos através de suas pesquisas e estudos originais, contribuindo, dessa forma, para a evolução de uma tecnologia ambiental nacional genuinamente voltada à solução de nossos problemas específicos de país do Terceiro Mundo, utilizando somente recursos compatíveis com as nossas condições econômicas, ecológicas e sociais.

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente da CETESB

ambiente mundial

DOENÇA DE PARKINSON E AGROQUÍMICOS

A revista "Science" de 19 de julho de 1985 noticia que os meios científicos internacionais vêm se agitando, nestes últimos meses, com a descoberta de que possivelmente agroquímicos estejam relacionados com a incidência da doença de Parkinson. Essa doença é provocada pela degeneração de certos tipos de células nervosas da chamada *substantia nigra* do cérebro, ocorrendo tipicamente em pessoas de idade avançada. Caracteriza-se pela paralisia parcial ou total acompanhada de contínua agitação ou tremor dos membros e uma postura característica.

A descoberta, há cerca de dois anos, de que pessoas ou animais contaminados com uma substância denominada MPTP (1 metil - 4 fenil - 1,2,3 - tetrahidropiridina) apresentam sintomas clínicos indistinguíveis da doença de Parkinson, levou vários grupos de pesquisadores dos Estados Unidos e Europa a estudar intensivamente o mecanismo de ação desse composto químico. Nos últimos meses, pelo menos quatro reuniões de especialistas foram realizadas sobre a questão, o que demonstra a importância que está sendo dada ao assunto, devido à possível presença, no meio ambiente, de compostos químicos de ação semelhante.

A semelhança química do MPTP e de seus subprodutos metabólicos com algumas substâncias de emprego industrial e agrícola, como o herbicida "paraquat", constituiu, de início, razão suficiente para que alguns pesquisadores considerassem possível a hipótese de causas ambientais para a doença. Outros especialistas não concordam com essa opinião e, em simpósio realizado em junho de 1985, não houve acordo a respeito. Contudo, novas evidências foram apresentadas por Barbeau e colaboradores no 8º Simposium Internacional sobre Doença de Parkinson, realizado logo em seguida, em Nova York, relacionando a incidência da doença com o uso de agroquímicos em nove regiões hidrográficas da Província de Quebec. Em 5.000 casos estudados, a correlação entre a incidência e o nível de uso de agroquímicos foi extremamente alta (0,967). Áreas de alta aplicação

de agroquímicos apresentaram frequência da doença de 0,89 por mil habitantes, enquanto que em locais de pouco uso dessas substâncias a frequência foi de apenas 0,13 por mil.

Os pesquisadores canadenses alertam para o fato de que os agrotóxicos constituem apenas uma das classes de neurotoxinas potenciais existentes no ambiente que podem estar relacionadas com a etiologia dessa doença, pois existem inúmeros tipos de piridinas no ambiente principalmente derivados da indústria química. É de se notar que a doença de Parkinson era desconhecida antes da revolução industrial e que sua incidência cresceu rapidamente ao longo do século XIX, atingindo um platô nas últimas décadas do presente século. Segundo os pesquisadores, novo aumento da curva poderá surgir em consequência da recente introdução de paraquat e outros agroquímicos semelhantes.

Por outro lado, é necessário assinalar que pelo menos 70% dos parkinsonianos possuem uma deficiência genética relacionada com a produção, pelo fígado, de enzimas desintoxicantes, as quais exerceriam uma ação neutralizadora do paraquat (ou compostos semelhantes) em pessoas normais. Assim sendo, a ocorrência da doença parece ser decorrente da maior sensibilidade apresentada por alguns componentes da população à presença de certos compostos químicos no meio.

TOXICIDADE DO ALUMÍNIO

Extensa revisão da questão da toxicidade do alumínio aparece na revista francesa "La Recherche", de junho de 1986 (La Toxicité de l'aluminium - P. Galle). A questão vem sendo objeto de pesquisas há apenas dez anos e técnicas modernas de detecção, como o uso de micros sondas analíticas, demonstraram já que esse metal se concentra, de maneira impressionantemente seletiva, nos lisosomas celulares, acarretando a destruição das células.

Descoberto em 1825 por Oersted, na Dinamarca, o alumínio constitui - ao contrário do que se supunha de início - o metal mais abundante na litosfera terrestre, representando 8,13% de sua composição, enquanto que o ferro entra na proporção

ambiente mundial

de apenas 5,1%. Na forma de microcristais de alumínio-silicatos, entra, sobretudo, na constituição das argilas e caolins, dispersando-se facilmente na atmosfera, na forma de poeiras que podem ser absorvidas através da respiração.

Na verdade, o alumínio pode penetrar no organismo humano pelas vias respiratória e digestiva. Em geral, através da alimentação, um ser adulto absorve diariamente de 10 a 100 mg desse elemento, porém, em sua maior parte, em forma insolúvel, que não chega a ser assimilada ao longo do trato digestivo. Segundo o dado francês, as águas potáveis contêm alumínio em proporções muito reduzidas, de 20 a 50 ppb (ou micrograma por litro). É necessário lembrar, porém, que águas ácidas tendem a possuir muito maiores concentrações, além dos compostos aluminados que são utilizados, às vezes em excesso, no próprio tratamento de águas de abastecimento. A Comissão das Comunidades Europeias estabeleceu, desde 1980, o limite máximo permissível de 200 $\mu\text{g/l}$ recomendando como desejável o limite de 50 $\mu\text{g/l}$.

A concentração média de alumínio no ar, segundo a mesma fonte de informações, é de um a 100 $\mu\text{g/m}^3$ de ar, dependendo da natureza do solo, proximidade de minerações de bauxita ou de argilas cerâmicas, certas indústrias etc. As partículas mais finas das poeiras inaladas são capturadas pelos micrófagos dos alvéolos pulmonares, os quais são em parte retidos pelos gânglios linfáticos, onde as partículas de aluminossilicatos insolúveis podem ser dissolvidas pelos lisosomas das próprias células fagocitárias, liberando o elemento tóxico que se difunde no organismo. De preferência, o alumínio absorvido se concentra em tecidos dos rins, fígado, cérebro, músculos, glândulas paratireóides e medula dos ossos, acumulando-se sempre nos lisosomas de suas células, assumindo a forma de um fosfato de alumínio insolúvel.

Métodos modernos de microanálise por sonda eletrônica e de microscopia iônica têm permitido, recentemente, denunciar a presença do alumínio como causa de encefalopatias humanas de caráter letal. O acúmulo excessivo e progressivo do alumínio nos lisosomas leva à formação de depósitos incompatíveis com o bom funcionamento e a sobrevivência das células e, se o tipo particular de tecido não permite a renovação ou regeneração de partes lesadas, como é o caso dos tecidos

cerebrais e cardíacos, ocorre a progressiva destruição do órgão correspondente. Processos degenerativos semelhantes podem causar anemias profundas e descalcificações responsáveis por fraturas ósseas espontâneas. Também têm sido observadas lesões graves das células do fígado e da glândula paratireóide, das quais, entretanto, ainda não se conhecem as consequências.

Tais descobertas, apoiadas por um grande número de experiências com animais, trazem naturalmente uma nova preocupação de natureza ecotoxicológica, tendo em vista a larga utilização que se faz do alumínio na vida moderna. A contaminação ocupacional deve constituir o principal foco de preocupação, quer na área de mineração quer no processamento industrial, uma vez que a principal via de contaminação parece ser a respiratória. Entretanto, é recomendável aconselhar-se maior vigilância com respeito às concentrações de alumínio nas águas de abastecimento, principalmente quando tratadas com sulfato de alumínio durante o cozimento de alimentos em utensílios fabricados com esse metal.

EL NIÑO, METANO E EFEITO DE ESTUFA

As anomalias climáticas denominadas "El Niño", provocadas por um aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico durante os anos de 1982 e 1983, parecem ter originado também uma queda brusca do teor de metano na atmosfera, contrastando com a elevação esperada de 1% ao ano devida às ações antrópicas. O desaparecimento misterioso de 20 ou 30 milhões de toneladas de metano no ar ocorrido no período pode ser devido à maior concentração de vapor de água consequente ao aquecimento, permitindo que o CH_4 se recombinasse com as moléculas de H_2O . O fenômeno tem grande importância relacionada com o chamado "efeito de estufa", uma vez que o aumento de concentrações de CH_4 na atmosfera - assim como de CO_2 - é responsável por uma progressiva elevação de temperatura terrestre. Espera-se confirmar o fato no próximo "El Niño", que já apresenta indícios de uma próxima ocorrência.

CONTROLE DA POLUIÇÃO NA BACIA DO RIO PIRACICABA EM 1985

José Carlos Derísio¹

RESUMO - O presente trabalho enfatiza as ações integradas de controle da poluição ambiental desenvolvidas pela CETESB na bacia do rio Piracicaba no ano de 1985. Essas ações foram realizadas através de operações específicas de controle de poluição das águas, do ar e da poluição por resíduos sólidos. Como principais resultados alcançados destacaram-se a redução de odores devidos à anaerobiose do rio Piracicaba na cidade de mesmo nome, de mortandade de peixes e de carga poluidora industrial remanescente lançada na bacia.

ABSTRACT - This article emphasizes the integrated actions of environmental pollution control developed by CETESB at Piracicaba basin in 1985. These actions were carried out through specific operations in terms of water pollution control, air pollution control and solid wastes pollution. The main results have been achieved through reductions in terms of odors due to anaerobic conditions in the Piracicaba river at the town of Piracicaba, fish kills and the remaining industrial pollution load discharged into the basin.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi centrado nas ações executivas de controle e na articulação da comunidade, empresários e instituições envolvidas direta ou indiretamente na bacia do Piracicaba. As ações de controle da poluição foram voltadas para os aspectos da poluição das águas, do ar e resíduos sólidos industriais, no âmbito de toda a bacia, com atenção especial ao rio Piracicaba entre as cidades de Americana e Barra Bonita.

Tratando-se de uma bacia saturada quanto à disponibilidade e qualidade de suas águas, a sustentação do desenvolvimento da região depende em parte da recuperação da qualidade das águas, de modo a abrir espaços na capacidade de autodepuração dos principais recursos hídricos da região. Esse foi o objetivo maior do trabalho.

Na Figura 1 é apresentada, de forma esquemática, a bacia do rio Piracicaba com seus principais corpos d'água e municípios.

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Com base em critérios previamente estabelecidos para a seleção de indústrias prioritárias na bacia, a CETESB intensificou suas ações de controle sobre esses estabelecimentos.

Os dados das cargas orgânicas de origem industrial são apresentados na Tabela 1, relativos aos anos de 1984 e 1985. Pode-se observar um aumento da carga orgânica potencial

em 1985 da ordem de 19,8%, o qual se deve ao aumento de produção, principalmente de álcool. Embora o aumento da carga orgânica potencial tenha sido da ordem de 19,8%, houve redução de 7,5% na carga orgânica remanescente.

TABELA 1 - Cargas Orgânicas de Origem Industrial da Bacia do Rio Piracicaba (Dezembro de 84 e 85)

Sub-Bacia	Potencial (t DBO ₅ /dia)		Residual	
	Dez/84	Dez/85	Dez/84	Dez/85
Rio Atibaia	57,1	57,1	17,3	16,4
Rio Jaguari	105,6	137,0	3,4	8,5
Rio Piracicaba (calha principal)	991,4	1.245,3	64,7	52,3
Total	1.154,1	1.439,4	85,4	77,2

Efluentes Industriais Tóxicos

Na bacia do rio Piracicaba estão implantadas indústrias cujos despejos líquidos apresentam características de toxicidade, entre as quais pode-se citar galvanoplastias e indústrias químicas. A maioria destas indústrias possuem, em operação, sistemas para tratamento destes despejos, com fiscalização contínua por parte da CETESB. As principais indústrias químicas acham-se concentradas na região do município de Paulínia.

¹ - Engenheiro Químico e Sanitarista da CETESB, Mestre em Engenharia.

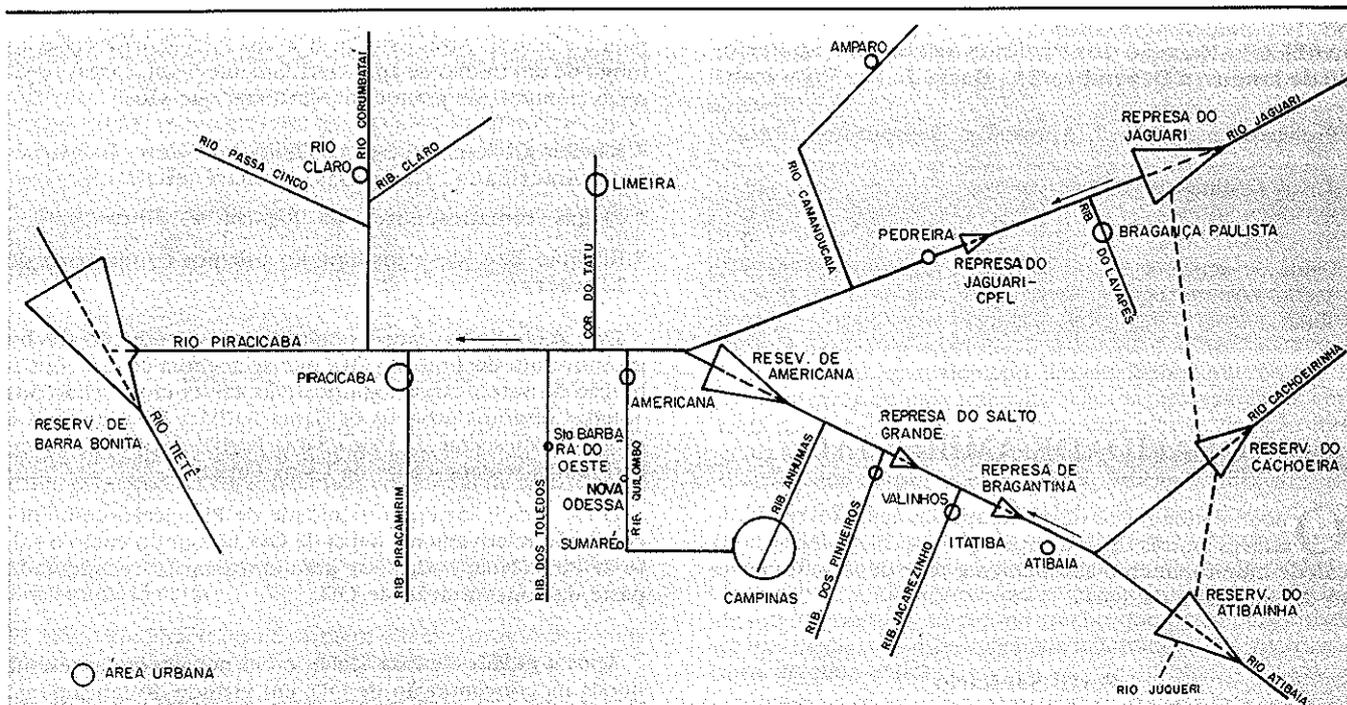


FIGURA 1 - Esquema da bacia do Piracicaba

TABELA 2 - Contribuição Total de Esgotos Urbanos em Termos de Carga Orgânica Poluidora - Dezembro/85

Sub-Bacia	População Urbana (habitantes)		Carga Orgânica (t DBO/dia)	
	Total	Atendida com Rede de Esgotos	Potencial	Remanescente
Atibaia	655.725	514.778	27,8	25,2
Jaguari	199.068	146.889	7,9	7,0
Piracicaba (calha principal)	1.058.920	822.352	44,4	43,9
Total	1.913.713	1.484.019	80,1	76,1

Efluentes Líquidos Urbanos

As cidades que dispõem de sistema de tratamento de esgotos sanitários são de pequeno porte, em termos populacionais.

A população urbana da bacia do rio Piracicaba no Estado de São Paulo é de 1.913.713 habitantes, dos quais aproximadamente 77,5% são atendidos por rede pública de esgotos. A carga orgânica potencial devida aos esgotos urbanos é de 80,1 t DBO/dia e a carga remanescente é de 76,1 t DBO/dia. A remoção de aproximadamente 5,0% da carga potencial é devida às cidades de Valinhos, Jarinu, Nazaré Paulista, Artur Nogueira, Morungaba, Pinhalzinho, Charqueada, Ipeúna e Santa Gertrudes, que dispõem de sistema de tratamento de esgotos sanitários. A Tabela 2 apresenta de forma resumida a contribuição total de esgotos urbanos em termos de carga orgânica poluidora da bacia do rio Piracicaba.

POLUIÇÃO DO AR E RUÍDO

Os problemas de poluição do ar e ruído de origem industrial na região mostram-se localizados, na maioria dos casos.

A ação da CETESB visa minimizar ou eliminar os incômodos causados à população. Assim, a estratégia de ação envolve a exigência de instalação e/ou melhorias em sistemas de controle de poluição do ar e ruído por parte das indústrias.

Em 1985 já se registravam casos concretos onde os objetivos propostos foram alcançados. Em 1986, com a continuidade da ação de controle por parte da CETESB, a expectativa é de que para algumas fontes de poluição sejam alcançados os mesmos objetivos.

POLUIÇÃO POR RESÍDUOS SÓLIDOS

Dentro dos critérios já mencionados, a CETESB vem priorizando suas ações no tocante ao controle da poluição por resíduos sólidos industriais nesta bacia. Para 1986, a CETESB dará continuidade de ação a este programa, abrangendo outras indústrias, também prioritárias e aquelas que atualmente vêm estocando seus resíduos sólidos industriais, visando a uma definição na forma de disposição dos mesmos.

A CETESB continua prestando assessoria técnica às várias prefeituras dos municípios da bacia do Piracicaba, no que concerne à coleta, transporte e disposição dos seus resíduos sólidos domésticos, englobando a elaboração de projeto, acompanhamento de implantação e operação de aterros sanitários.

ATIVIDADES ESPECÍFICAS DE CONTROLE

Durante o ano de 1985 foram analisados 41 projetos de sistemas de tratamento, controle e disposição final de efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos de indústrias localizadas na bacia do Piracicaba. A Tabela 3 mostra o resultado obtido em termos de análise.

Durante o ano de 1985 foram solicitadas 622 Licenças de Instalação na bacia do rio Piracicaba, tendo sido concedidas 602, sendo 504 para instalação de novas indústrias e 98 licenças de ampliação para indústrias existentes.

TABELA 3 - Relação dos Projetos Analisados no Período de Janeiro a Dezembro/85 - Bacia do Rio Piracicaba

Projetos	Aprovados	Reprovados	Total
Águas Residuárias	18	5	23
Resíduos Sólidos	5	1	6
Emissões Gasosas	7	2	9
Usina de Açúcar e Alcool (sist.de seg.)	3	-	3
Total	33	8	41

QUALIDADE AMBIENTAL

O acompanhamento da qualidade das águas foi realizado através de três tipos de avaliação: perfil sanitário; estação de monitoramento automático e rede de monitoramento de qualidade da água.

Perfil Sanitário

Para o acompanhamento da qualidade das águas do rio Piracicaba, considerando-se principalmente os parâmetros DBO₅ e Oxigênio Dissolvido, que refletem o comportamento das águas em relação às cargas orgânicas, foram selecionados pontos estratégicos para coletas de amostras ao longo da calha principal do rio Piracicaba. O resultado médio das amostragens realizadas no período de junho a novembro de 1985 é apresentado na Figura 2.

Pode-se observar, pelos perfis de DBO₅ e OD, que o rio Piracicaba apresenta condições satisfatórias logo após a sua formação na ponte da Via Anhanguera. Já na captação de Americana observa-se um valor de DBO₅ acima do limite legal, estando o OD de acordo com os padrões estabelecidos

para a classe II. Após esse local, o rio Piracicaba recebe, ao longo de um trecho de aproximadamente 5 km, cargas orgânicas pontuais de grande importância, que são:

- Ribeirão Quilombo (despejos líquidos urbanos e industriais de Americana, Campinas, Sumaré etc.);
- cargas remanescentes da Ripasa e Fibra;
- Ribeirão Tatu (despejos líquidos urbanos e industriais de Limeira).

Esse acúmulo de cargas orgânicas nesse pequeno trecho promove um declínio no OD, que se acentua com a contribuição de outras cargas significativas, tais como ribeirão dos Toledos (esgotos urbanos de Santa Bárbara D'Oeste mais a carga remanescente da Usina Santa Bárbara), ribeirão Alambari (carga remanescente da Usina Furlan).

O rio Piracicaba entra na cidade de Piracicaba com concentração relativamente baixa de OD, atingindo então o Salto de Piracicaba, onde sofre grande reaeração, recuperando parte da concentração de OD.

Após a cidade de Piracicaba, o rio novamente apresenta queda na concentração de OD, em virtude do lançamento de esgotos urbanos de Piracicaba e de algumas cargas remanescentes industriais.

Pode-se considerar que o rio Piracicaba, na sua calha principal apresenta condições sanitárias insatisfatórias no tocante aos limites estabelecidos para a classe II (Decreto 10.755).

Estação de Monitoramento Automático

A estação de monitoramento automático está instalada no ponto de amostragem denominado OOSP14PI2215 (rio Piracicaba - margem direita a aproximadamente 1,2 km a jusante da confluência do ribeirão Piracicimir) e vem sendo operada pela CETESB desde novembro de 1980.

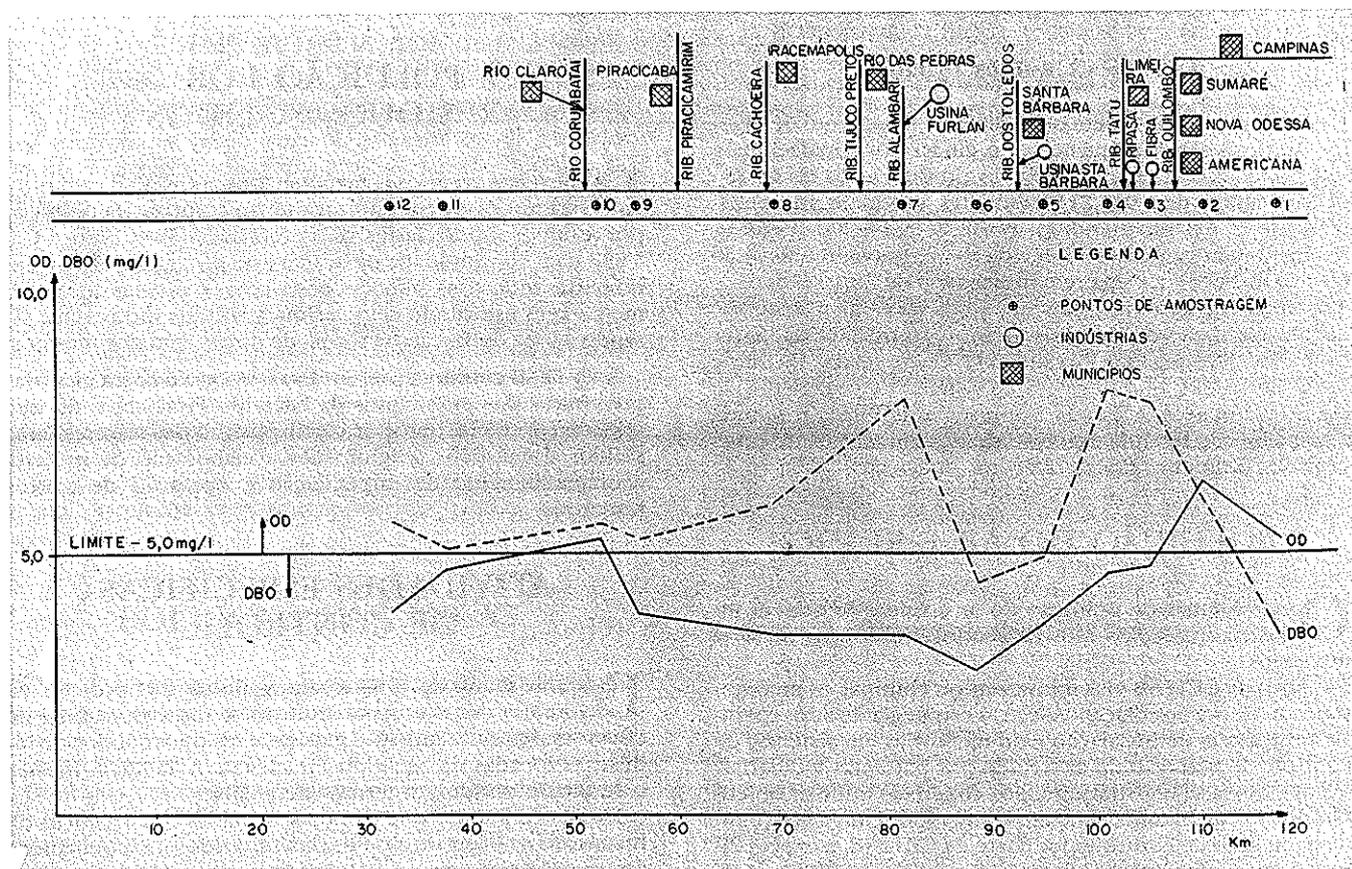


FIGURA 2 - PERFIL SANITÁRIO DO RIO PIRACICABA - CALHA PRINCIPAL

A estação realiza a medição automática dos seguintes parâmetros durante 24 h/dia: temperatura, pH, OD, condutividade e potencial redox.

O local foi estrategicamente selecionado, uma vez que se caracteriza como trecho mais crítico de qualidade das águas do rio Piracicaba.

No desenvolvimento do programa, principalmente após o início da estiagem, foi realizado um acompanhamento diário dos valores de OD registrados pela estação.

Rede de Monitoramento

A CETESB mantém uma rede de monitoramento permanente nos principais corpos d'água do Estado de São Paulo. Na calha principal do rio existem cinco pontos de amostragem a saber:

PI 2135 - Rio Piracicaba na ponte da rodovia Americana-Limeira

PI 2160 - Rio Piracicaba na margem direita, aproximadamente 1.400 m a montante da foz do Ribeirão dos Coqueiros

PI 2192 - Rio Piracicaba na ponte próxima da Usina Monte Alegre

PI 2215 - Rio Piracicaba na margem direita, 1.200 m a jusante da foz do Ribeirão Piracicamirim

PI 2800 - Rio Piracicaba na ponte em Artemis no Município de Piracicaba

Na análise dos dados obtidos foram considerados os seguintes parâmetros: Cádmio, Cobre, Cromo, Mercúrio, Ferro

e Fenol. Desses indicadores, com exceção do fenol, as concentrações observadas mantiveram-se sempre inferiores aos limites máximos legais permitidos.

Operação Estiagem

Essa atividade foi desenvolvida a partir de março de 1985, com o objetivo maior de se prevenir a ocorrência de anaerobiose (falta de oxigênio nas águas do rio Piracicaba), o que resulta na ocorrência de mortandade de peixes e exalação de maus odores. Para a obtenção dessa meta foram esquematizadas duas frentes de trabalho, uma no âmbito interno da CETESB, através de uma intensificação da sistemática de controle das fontes de poluição e a outra através da ação integrada dos órgãos estaduais responsáveis pelos aspectos quantitativos dos corpos d'água (DAEE, Sabesp e CPFL).

Em relação às fontes de poluição, foram selecionadas 76 indústrias, que foram objeto de inspeções e tiveram seus resíduos líquidos avaliados mais intensamente nesse período.

Na Tabela 4 são apresentados dados de vazão e oxigênio dissolvido obtidos no rio, no trecho que passa pela cidade de Piracicaba, nos meses de maio a dezembro, referentes aos anos de 1984 e 1985.

A observação dos dados de oxigênio indica que em 1985 as concentrações médias mensais foram na sua maioria superiores às de 1984, o mesmo ocorrendo em relação aos valores mínimos, evidenciando assim uma sensível melhora na qualidade das águas do rio em 1985. Aliás, em relação a este último ano, não foi registrado nenhum valor igual a zero.

A melhor qualidade das águas observada na Tabela 4, em 1985, comparada a 1984, deve ser enfatizada também em função da estiagem, cujo rigor e extensão foram bastante superiores a 1984.

TABELA 4 - Dados de Vazão e Oxigênio Dissolvido do Rio Piracicaba em Piracicaba - Período: Maio a Dezembro - Ano: 1984 e 1985

Parâmetro		Vazão (m ³ /s) ⁽¹⁾				Oxigênio Dissolvido (mg/l) ⁽²⁾			
		Média Mensal		Mínima Diária		Média Mensal		Mínimo Instantâneo	
Mês	Ano	84	85	84	85	84	85	84	85
Maio		96	92	64	79	1,9	4,0	0,0	0,8
Junho		62	79	53	72	0,8	3,5	0,0	1,4
Julho		56	75	53	71	0,5	3,5	0,0	1,2
Agosto		77	72	54	62	0,5	2,6	0,0	0,2
Setembro		88	75	67	61	1,7	2,3	0,0	0,3
Outubro		64	67	53	60	1,6	2,5	0,0	0,2
Novembro		67	64	50	42	1,6	2,0	0,3	0,2
Dezembro		131	63	69	25	1,7	1,4	0,3	0,3

Fonte: ⁽¹⁾Dados do posto fluviométrico do DAEE em Piracicaba

⁽²⁾Dados do monitor automático da CETESB

Qualidade do Ar

A CETESB tem realizado avaliações contínuas da qualidade do ar em alguns municípios da bacia do Piracicaba, através de estações fixas medidoras tipo OPS/OMS, sendo medidos os parâmetros dióxido de enxofre (SO₂) e poeira em suspensão (PS).

Na Tabela 5 é apresentado um resumo dos valores de SO₂ e PS obtidos em 1985 nos municípios de Americana, Campinas, Limeira e Paulínia.

Além destes resultados e de outros já publicados, a CETESB desenvolveu um estudo sobre odores no município de Americana. No entorno desse município existem indústrias de celulose e rayon que potencialmente causam problemas de mau

cheiro devido em grande parte à emissão de compostos reduzidos de enxofre, sendo as mercaptanas e o gás sulfídrico os compostos mais típicos destas emissões.

Tendo em vista que os parâmetros gás sulfídrico e mercaptanas não estão regulamentados na legislação brasileira, recorreu-se à literatura internacional para verificação dos valores de referência adotados em outros países.

No caso do gás sulfídrico, os valores para exposições curtas (30 minutos) variam de 5 ppb (Bulgária, Checoslováquia, Rússia e Iugoslávia) até 200 ppb (Hungria). Utilizou-se na análise o valor mais rigoroso, ou seja, 5 ppb.

Quanto às mercaptanas, foi adotado o valor 2, 1 ppb relativo a metil-mercaptana, que representa o limite de percepção de odor mais baixo para este grupo de compostos.

TABELA 5 - Valores Máximos e Médios Anuais de SO₂ e PS (µg/m³) em Municípios da Bacia do Piracicaba - 1985

		Americana	Campinas	Limeira	Paulínia
SO ₂	Nº de Determinações	60	60	46	60
	Valor Máximo	322	117	96	128
	Média Aritmética	50	42	43	44
	Nº de valores acima do padrão de 24 h	0	0	0	0
PS	Valor Máximo	168	137	145	126
	Média Aritmética	53	64	47	39
	Nº de valores acima do valor de referência - diário	2	0	0	0

Obs.: Padrões e níveis de referência de qualidade do ar
 SO₂ - Decreto 8.468 - 80 µg/m³ - padrão anual
 365 µg/m³ - padrão 24 horas

PS - Níveis de Referência da Organização Mundial da Saúde
 • 60 µg/m³ - média anual
 • 150 µg/m³ - média de 24 horas

Com base nos valores de referência adotados para este estudo, foram verificadas a intensidade e persistência desses contaminantes atmosféricos. Em relação ao gás sulfídrico, a Tabela 6 mostra a sua persistência na região de estudo.

Observa-se, através da Tabela 6, que a presença do gás sulfídrico é eventual, não tendo sido detectado em 95,0% do tempo de estudo. Observa-se também que o valor referência foi ultrapassado cinco vezes, o que representa 1,9% do total de medições realizadas.

TABELA 6 - Persistência de Gás Sulfídrico - Julho/Agosto-85

Total de Medições	Medições abaixo do Limite de Detecção ⁽¹⁾		Ultrapassagens do Valor Referência	
	Nº	%	Nº	%
256	243	95,0	5	1,9

⁽¹⁾Limite de detecção: 1,3 ppb

A Tabela 7, por sua vez, mostra a persistência de mercaptanas na região de estudo. Através da mesma observa-se que em apenas 33,8% do tempo de estudo não foi detectada a presença de mercaptanas na área. Em 53,2% do tempo observou-se valores acima da referência, e em 13% do tempo observou-se valores detectáveis, porém abaixo do valor referência.

No caso de Americana, considerando-se todos os dados obtidos, a atenção maior deve recair sobre as substâncias odoríferas H₂S e mercaptanas.

Estas substâncias têm realmente um limite de percepção de odor bastante baixo e os resultados demonstram e comprovam que a população de Americana sente a sua presença. Dos dados obtidos e das várias e contínuas pesquisas comunitárias feitas pela CETESB na cidade, obteve-se a resposta de que os odores característicos destas substâncias são sentidos em determinados períodos e tornam-se incômodos à população.

TABELA 7 - Persistência de Mercaptanas - Julho/Agosto-85

Total de Medições	Medições abaixo do Limite de Detecção ⁽¹⁾		Ultrapassagens do Valor Referência	
	Nº	%	Nº	%
154	52	33,8	82	53,2

⁽¹⁾Limite de detecção: 0,3 ppb

ACÇÃO COMUNITÁRIA

Durante o primeiro semestre de 1985, as atividades da ação comunitária para assuntos localizados de poluição ambiental na bacia do Piracicaba concentraram-se basicamente no estabelecimento de um diagnóstico sobre o conhecimento das indústrias problemáticas da região, nas tendências do movimento de reclamações da população e na realização de pesquisas de opinião ambiental na vizinhança das fontes priorizadas de poluição.

Assim, pode-se observar, através das 234 indústrias amostradas, que o tipo de poluição mais reclamado pelos moradores diz respeito ao aspecto ar, com 74% do total de registro. Segue-se o ruído, com 18%, águas com 6% e praticamente sem nenhuma expressão as queixas sobre poluição do solo e queimas ao ar livre.

Com base na amostragem, foram priorizadas 12 fontes que mereceram a aplicação de um instrumental de pesquisa de opinião ambiental para se obter mais informação a seu respeito.

Em função dos dados obtidos estabeleceu-se que os moradores circunvizinhos às firmas Ripasa S.A. Celulose e Papel no município de Limeira, Correntes Industriais Ibfaf S.A. no município de Campinas, e Siderúrgica M. Dedini S.A., no município de Piracicaba necessitavam com maior premência de um trabalho comunitário envolvendo outras atividades, tais como: elaboração e distribuição de informes; contato com moradores; reuniões setoriais; reuniões de integração; pesquisas de opinião ambiental e aplicação de diários de percepção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho da CETESB na bacia do rio Piracicaba no ano de 1985 teve como resultado uma redução da carga poluidora de 19,4 t DBO₅/dia, o que equivale a sanear uma população de 360.000 habitantes.

Parte dessa redução foi contrabalançada pela enorme expansão da atividade econômica verificada no mesmo período, especialmente a ampliação da capacidade produtiva de indústrias dos ramos de açúcar e álcool e de laranja. O aumento da carga poluidora remanescente provocado por essa

expansão, apurado em dezembro de 1985, foi de 11,2 t DBO₅/dia resultando num saldo líquido favorável à redução da carga poluidora de 8,2 t DBO₅/dia (152.000 habitantes).

As providências de controle que se encontram em marcha nas empresas que expandiram sua produção abruptamente produzirão resultados já no ano de 1986, quando a redução adicional prevista é de 9 t DBO₅/dia.

Deve-se ressaltar que é à custa desse trabalho de redução de carga poluidora que se conseguirá, nos anos vindouros, assistir à incontrolável expansão econômica da bacia do Piracicaba, sem sacrifício da qualidade das águas.

Outra forma de avaliar os resultados obtidos pode ser evidenciada através da evolução das cargas potencial e remanescente. Enquanto que a primeira cresceu 277 t DBO₅/dia no ano de 1985, espelhando a expansão da atividade econômica na bacia, a carga remanescente decresceu de 85,4 para 77,2 t DBO₅/dia, mostrando a ação de controle.

No que se refere aos sistemas de tratamento de efluentes líquidos industriais, foram implantados ou melhorados cerca de 20 sistemas em 1985. Para o ano de 1986 está prevista a melhoria e/ou implantação de outros 26 sistemas.

Foi observado também que a grande maioria dos 40 municípios paulistas que se localizam na bacia lançam os esgotos sem qualquer tratamento e que esses despejos representam hoje 50% da carga poluidora orgânica lançada. As estimativas realizadas até o presente momento mostram que, enquanto a contribuição industrial é de 77,2 t DBO/dia, a de origem urbana atinge 76,1 t DBO/dia.

Das cidades da bacia que representam mais de 70% da carga poluidora (Campinas, Limeira, Rio Claro, Piracicaba, Sumaré e Americana), apenas Americana possui projeto de tratamento dos esgotos, o qual prevê a inclusão de 24 indústrias. A implantação da primeira etapa está prevista para julho/87.

Os resultados da Operação Estiagem (maio a setembro/85) mostraram-se muito bons, se comparados dados de vazões médias mensais e valores médios mensais de oxigênio dissolvido no rio Piracicaba nos anos de 1984 e 1985, conforme a Tabela 8.

TABELA 8 - Dados de Vazão e Oxigênio Dissolvido do Rio Piracicaba em Piracicaba - Período: Maio a Setembro - Anos: 1984 e 1985

Mês	1984		1985	
	Vazão m ³ /s	Ox Dis mg/l	Vazão m ³ /s	Ox Dis mg/l
Maio	96,0	1,9	92,0	4,0
Junho	62,0	0,8	79,0	3,5
Julho	56,0	0,5	75,0	3,5
Agosto	77,0	0,5	72,0	2,6
Setembro	88,0	1,7	75,0	2,3

Os resultados positivos durante a estiagem estão consubstanciados no entendimento prévio entre as entidades governamentais envolvidas no problema (CETESB, Sabesp, CPFL e DAEE), na manutenção de uma vazão, a mais uniforme possível em Piracicaba, na redução da carga industrial lançada e na ação de controle intensa da CETESB, em relação às indústrias de açúcar e álcool.

O rio Piracicaba apresentou, na maioria dos pontos estudados, dados de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio em desacordo com os padrões de qualidade vigentes, principalmente devido às cargas poluidoras urbana e industrial, drenadas através dos ribeirões Quilombo e Tatu.

Os valores instantâneos do oxigênio dissolvido mínimo - medidos no rio Piracicaba através do monitor automático situado em Piracicaba - apresentaram-se em 1985 sempre superiores a zero, ao passo que em 1984, dos oito meses considerados, seis apresentaram em algum instante oxigênio dissolvido igual a zero.

O rio Piracicaba apresentou concentrações de cádmio, cromo, mercúrio e ferro em níveis relativamente baixos, com os valores analisados inferiores ao limite máximo permissível.

Em todos os pontos de monitoramento foram observados coliformes tanto totais quanto fecais, com valores acima dos limites permissíveis, em função principalmente da ausência de sistema de tratamento de esgotos urbanos.

Os dados de qualidade do ar medidos em algumas cidades da bacia apresentaram-se de acordo com os padrões estabelecidos pela atual legislação. No entanto, alguns problemas localizados de poluição do ar continuam a apresentar incômodos à população com destaque para odores (mercaptanas) em Americana, devido à Ripasa.

No tocante ao controle de fontes de poluição do ar e sonora, foram implantados ou melhorados cerca de 25 sistemas de controle em 13 indústrias. Para o ano de 1986 está prevista a melhoria e/ou instalação de 15 sistemas de controle em dez indústrias.

No que se refere ao controle de poluição por resíduos sólidos, dez indústrias consideradas prioritárias tiveram sua situação definida quanto à disposição de seus resíduos. Em 1986 será dada continuidade ao programa de controle de disposição de resíduos sólidos para outras indústrias também prioritárias.

Em relação à poluição por resíduos sólidos urbanos, 11 municípios possuem até o momento sistema de disposição adequado e em operação.

Na bacia do rio Piracicaba, o movimento de reclamações sobre poluição ambiental vem aumentando anualmente de modo significativo, evidenciando-se que 74% do universo amostrado referem-se à poluição do ar, 18% ao ruído e 6% à poluição das águas.

As pesquisas de opinião realizadas na vizinhança das 12 indústrias escolhidas como prioritárias mostraram que os poluentes gerados pelas fontes de poluição ambiental são de percepção altamente significativa e se constituem em motivos de desagrado e insatisfação por parte dos moradores. Desse universo, destacam-se as firmas Ripasa S.A. Celulose e Papel, em Limeira, e M. Dedini, de Piracicaba.

Apesar da mobilização social pouco manifesta, a ação comunitária desencadeada pelo projeto na região, visando como processo básico à comunicação interpessoal, conseguiu uma participação efetiva dos moradores, principalmente no que se refere à aplicação dos diários de percepção e nas discussões ambientais promovidas com pequenos grupos, através de reuniões.

REFERÊNCIAS

- CETESB - Ação Integrada de Controle da Poluição na Bacia do Rio Piracicaba - Relatório Anual 1985.
- CETESB - Estudo de Compostos Reduzidos de Enxofre na Atmosfera de Americana - Novembro/85.
- CETESB - Avaliação da Qualidade do Ar em Paulínia - Junho e Julho/1985.
- CETESB - Avaliação da Qualidade do Ar em Campinas e outras Cidades da Região - Maio/84 a Dezembro/85.

ESTUDO PILOTO SOBRE OBTENÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE AGUAPÉ

José Arnaldo Gomes¹
Hideo Kawai²
Marcelo C. Jahnel³

RESUMO - Este estudo foi realizado para se verificar a utilização racional e econômica do aguapé *Eichhornia crassipes*. O aguapé foi coletado, seco ao ar livre e triturado. Três pilhas de composto foram preparadas, adicionando-se porcentagens de esterco de galinha e enzima. O aguapé mostrou ser facilmente transformado em composto. Sua capacidade fertilizante foi avaliada quando adicionada a diversos plantios de trigo. Os resultados de produtividade revelaram valores maiores para o composto fermentado com esterco. Estudos de viabilidade econômica apontaram que seu alto custo de produção desestimulará sua comercialização em larga escala.

ABSTRACT - This study was carried out to verify the economic and rational utilization of waterhyacinth *Eichhornia crassipes*. The plant was collected, dried at open air and grounded. Three piles of composting were prepared by adding different percentages of poultry manure and enzyme. Waterhyacinth showed to be easily converted into compost. Its fertility capacity was evaluated by adding it to several wheat plantings. Productivity results pointed out higher values for manure added compost. Economical feasibility studies pointed that high production costs will desstimulate its large commercialization.

INTRODUÇÃO

Este trabalho relata os passos dados para se verificar a viabilidade da produção de composto de aguapé (*Eichhornia crassipes*) através do processo fermentativo ao ar livre e estabelecer o seu efeito fertilizante no desenvolvimento da vegetação. Fundamentalmente, pretendeu-se equacionar o problema ambiental acarretado pela extrema velocidade de reprodução dessa planta aquática.

Segundo Igue, "a matéria orgânica deve ser vista sempre como uma alternativa de complementação para melhorar as condições específicas de um dado solo, redução significativa dos custos ou, ainda, dentro de um plano estabelecido de reciclagem de resíduos disponíveis localmente e que poluem o ambiente, é uma alternativa apropriada e racional quando é facilmente disponível ou produzida na propriedade ou quando é adquirida a baixo custo sem grandes problemas de transporte, ou isenta de contaminantes tóxicos que prejudicam as plantas ou a saúde humana".

O projeto "Estudo dos sistemas integrados e reciclagem de resíduos" desenvolvido na Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB, localizada em Novo Horizonte, Estado de São Paulo, prevê a utilização racional e econômica de resíduos orgânicos, entre os quais se encontra a *Eichhornia crassipes* (que tem sido muito discutida ultimamente no Brasil devido à sua alta taxa de reprodutividade, acarretando sérios problemas operacionais nos sistemas hídricos) e, ao mesmo tempo, a possibilidade de seu uso como agente despoluidor.

Na perspectiva de busca de soluções novas, a CETESB, através da Estação Experimental, vem produzindo uma enzima específica extraída de diversos legumes e frutas para a aceleração da fermentação de materiais resistentes à atividade microbiana, entre eles a celulose e a lignina.

Na presente pesquisa, foi avaliada também a viabilidade do uso dessa enzima na compostagem de aguapé. A compostagem é uma técnica utilizada para se obter mais rapidamente - e em melhores condições - a desejada estabilização da matéria orgânica (Kiehl). Com o aumento dos custos dos adubos minerais, chamados de convencionais, a adubação orgânica volta a ser uma alternativa interessante quando se fala em nutrição de plantas.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização do ensaio de compostagem utilizou-se o aguapé proveniente de um dos braços formadores do reservatório Tietê na região de Novo Horizonte.

Aproximadamente 8.200 kg de aguapé foram retirados manualmente do reservatório, colocados em um caminhão e enviados à Estação da CETESB, em duas viagens com aproximadamente 4.100 kg cada. Foram necessários sete funcionários trabalhando oito horas por dia, durante dois dias, para a operação de coleta e transporte. O aguapé coletado foi espalhado para secagem ao ar livre, numa camada de 30 cm; após sete dias, foi triturado em um desintegrador Penha mod. 5.200 U. Posteriormente, foi espalhado ao longo da varanda do prédio do laboratório da Estação Experimental para uma segunda secagem, uma vez que se encontrava com um teor de umidade muito elevado para compostagem. Após mais uma semana de secagem, o aguapé foi então utilizado para a confecção das leiras para compostagem.

Para o ensaio de compostagem, foram preparadas três leiras distintas. A primeira teve 1.000 kg de aguapé triturado, enquanto que a segunda constituiu-se de 1.000 kg de aguapé e 50 kg de estrume de galinha e, a última, de 665 kg de aguapé, 31,5 kg de estrume e 3,5 kg de enzima especial (vide Tabela 1).

¹ Engenheiro da CETESB

² Limnologista da CETESB

³ Estagiário de Agronomia da CETESB

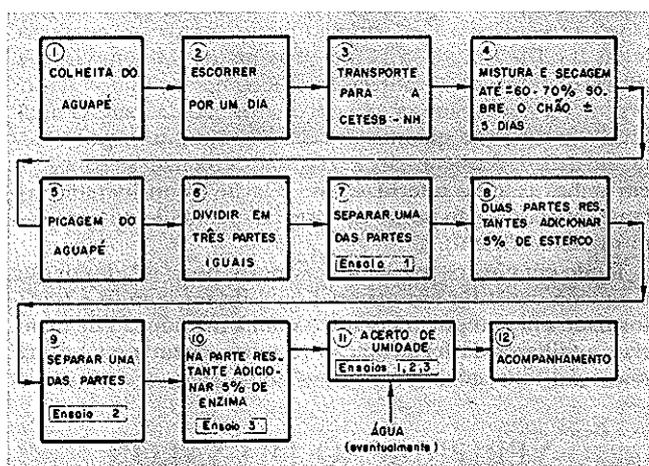
Diariamente eram efetuadas medidas de temperaturas (8h00, 12h00 e 16h00) e periodicamente (três vezes por semana) mediui-se a umidade, sendo eventualmente adicionada água para manutenção da umidade desejada. No Fluxograma 1 é mostrado o roteiro para preparação de leiras experimentais. Durante o tempo de ensaio foram realizadas análises de acompanhamento para umidade, nitrogênio total, fósforo total, potássio, carbono, resíduo fixo e pH, sendo coletadas três amostras de cada leira, por semana.

As leiras foram reviradas aos 10º e 18º dias de ensaio, para introdução de oxigênio e a compostagem foi considerada completada aos 32 dias de ensaio, uma vez que a temperatura baixou até um nível próximo à temperatura ambiente, caracterizando o término do processo fermentativo.

A enzima citada anteriormente foi produzida com base em quatro tipos de legumes e dois tipos de frutas, conforme relacionado na Tabela 2.

TABELA 1 - Preparação das Leiras para Compostagem

Composto	Composição
I	Aguapé picado (testemunha)
II	Aguapé picado + 5,0% de esterco de galinha
III	Aguapé picado + 5,0% de esterco de galinha + 0,5% de pó de enzima



FLUXOGRAMA 1

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. Na Figura 1 estão representadas as curvas de variação da temperatura nas leiras experimentais, ao longo do tempo de ensaio. As curvas foram construídas através da média móvel de três dias: este artifício foi utilizado a fim de melhor visualizar-se o comportamento da temperatura ao longo do ensaio.

No processo de fermentação por via aeróbia, como no caso da compostagem de matéria orgânica, a temperatura constitui um parâmetro fundamental para se verificar a evolução

TABELA 2 - Materiais Utilizados na Preparação da Enzima

Material	Peso (kg)	Proporção (%)
Nabo	71	20,3
Cenoura	52	14,9
Pepino	62	17,7
Tomate	63	18,0
Banana	62	17,0
Abacaxi	44	12,0
Total	350	100 %

TABELA 3 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira I

Período	Início	7	14	17	20	24	27	31
Análise	10-5-85 ⁽¹⁾	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	69,4	70,1	69,6	72,3	70,1	77,7	80,3
Nitrogênio % N	0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	0,80	0,82	0,89
Fósforo % P	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,05	0,09
Potássio % K	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,10	0,99	1,00
Carbono % C	28,4	28,6	26,5	23,4	23,6	24,0	19,1	20,6
Resíduo Fixo %	48,4	48,3	50,4	50,3	52,6	48,3	52,2	51,1
pH	6,0	6,5	6,2	6,3	6,5	6,5	6,3	6,4
Relação C/N	28,7	28,9	27,0	23,6	23,6	30,0	23,3	23,1

TABELA 4 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira II

Período	Início	5	12	15	18	22	25	29
Análise	10-5-85 ⁽¹⁾	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	77,9	74,5	75,4	77,5	75,2	80,8	80,5
Nitrogênio % N	0,99	1,3	1,0	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
Fósforo % P	0,09	0,55	0,36	0,45	0,43	0,30	0,35	0,26
Potássio % K	0,98	2,1	1,5	1,7	2,0	1,9	2,0	1,9
Carbono % C	28,4	28,1	28,4	26,3	27,6	24,9	21,0	18,5
Resíduo Fixo %	48,4	43,1	46,4	50,8	47,6	50,8	48,7	51,4
pH	6,0	7,1	7,7	8,0	7,6	7,7	7,7	7,8
Relação C/N	28,7	21,6	28,4	20,2	21,2	20,8	17,5	15,4

⁽¹⁾ Análise do aguapé "in natura".

TABELA 5 - Resultados das Análises da Compostagem de Aguapé - Leira III

Período	Início	2	9	12	15	19	22	26
Análise	10-5-85 ⁽¹⁾	17-5-85	24-5-85	27-5-85	30-5-85	3-6-85	6-6-85	10-6-85
Umidade %	68,5	59,2	67,9	67,2	67,6	-	83,1	74,9
Nitrogênio % N	0,99	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1
Fósforo % P	0,09	0,32	0,37	0,22	0,24	0,30	0,25	0,23
Potássio % K	0,98	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5
Carbono % C	28,4	29,5	26,4	26,5	24,0	19,3	19,5	18,3
Resíduo Fixo %	48,4	47,1	49,6	52,8	51,7	50,3	52,2	52,9
pH	6,0	6,0	7,8	7,8	7,7	7,8	7,5	7,6
Relação C/N	28,7	24,6	24,0	24,1	21,8	19,3	19,5	16,6

⁽¹⁾ Análise do aguapé "in natura".

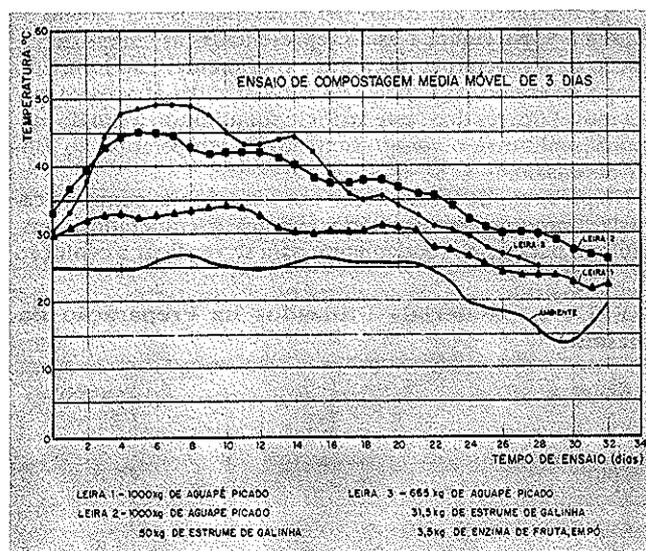


FIGURA 1 - Curvas de Variação da Temperatura nas Leiras Experimentais

do processo fermentativo. Na leira de compostagem adequadamente preparada do ponto de vista de nutrientes e microrganismos, observa-se, normalmente, a evolução da temperatura com uma curva do tipo sigmóide com os estágios mesofílico, termofílico, resfriamento e maturação.

No presente estudo, verificou-se tal tipo de curva padrão nas leiras experimentais II e III, que receberam, respectivamente, esterco e esterco mais enzima. Isto foi constatado, especialmente, na última leira citada.

Durante o processo de fermentação há o desenvolvimento de vários tipos de microrganismos. No início do processo, multiplica-se a flora bacteriana autóctone, ocasionando aumento de temperatura. Quando a temperatura ultrapassa 40°C, a população mesófila é substituída pela população microbiana termófila autóctone. O estágio termofílico que se processa na faixa de 55°C é o mais importante do processo de compostagem. Temperaturas muito elevadas acarretam a inativação de enzimas dos microrganismos, diminuindo a taxa de decomposição (Finstein et alii).

Os níveis de temperatura de fermentação atingidos nas leiras experimentais foram relativamente baixos, se comparados com as temperaturas referidas. Obteve-se a temperatura de 45°C na leira II e 50°C na leira III.

A causa principal dessa limitada evolução da temperatura poderia ser atribuída ao volume das leiras de aguapé do experimento. Quando o volume é pequeno demais, parte significativa da calor produzida no interior da leira pela atividade microbiana é perdida. O volume ideal desse tipo de leira para fermentação ao ar livre deve ser dimensionado acima de 3 m³ (1,5 m de altura, 1,5 m de largura).

Além desse aspecto, o teor de umidade relativamente elevado (que variou de 65 a 80%), observado ao longo do experimento, poderia ter prejudicado o desenvolvimento satisfatório da flora microbiana, provocando, conseqüentemente, baixo valor de temperatura. A umidade ideal para compostagem localiza-se em torno de 50 a 60% (Finstein et alii).

De qualquer maneira, através das curvas apresentadas na Figura 1, pode-se julgar que a enzima utilizada no presente estudo auxiliou de forma positiva o processo fermentativo.

A composição química do aguapé utilizado no experimento apresentou quase 50% de resíduos fixos, é pobre em nutrientes (N e P), possuindo uma relação de C/N em torno de 29%. O valor do pH foi de 6,0. Com o desenvolvimento do processo fermentativo, esse valor aumentou gradativamente nas leiras II e III, atingindo a faixa próxima de 8,0, em virtude, provavelmente, da volatilização e decomposição dos ácidos orgânicos. Acompanhando a decomposição da matéria orgânica, a proporção quantitativa de C/N diminuiu. Após cerca de um mês de fermentação, a relação C/N reduziu-se para 17% em ambas as leiras referidas. Essa relação é considerada bastante satisfatória do ponto de vista da qualidade do composto orgânico (Kiehl).

Tendo em vista os resultados expostos, pode-se admitir que o aguapé constitui um material fácil de ser curado e transformado em composto orgânico com a introdução de materiais auxiliares da fermentação (esterco, enzima etc.) e manutenção satisfatória do volume e umidade.

VERIFICAÇÃO DO VALOR FERTILIZANTE DO COMPOSTO DE AGUAPÉ

A experiência foi realizada utilizando-se os três tipos de compostos de aguapé produzidos conforme o procedimento apresentado. Sua composição química encontra-se na Tabela 6.

Foi escolhido trigo (*Triticum* sp) IAC-05 para a planta-teste, levando-se em conta que é uma planta de ciclo curto, e também a conveniência da época de cultivo.

O solo utilizado no plantio experimental foi de areia quartzosa coletada na região de Novo Horizonte, cuja composição química é apresentada na Tabela 7.

Para facilitar o manuseio e acompanhamento, foram utilizados vasos de barro com volume de cinco litros cada (60 vasos ao todo) para o teste do composto, os quais foram dispostos na varanda de um dos prédios (laboratório) da Estação Experimental. O interior de todos os vasos foram pintados com "neutrol", para evitar eventual perda de sais nutrientes.

TABELA 6 - Composição Química dos Compostos Produzidos nos Ensaio de Compostagem

Composição	Composto		
	I	II	III
Umidade %	78,3	81,7	77,8
Nitrogênio % N	0,9	1,1	1,0
Fósforo % P	0,1	0,3	0,3
Potássio % K	1,1	1,9	1,6
Carbono % C	22,8	18,5	18,3
Resíduo Fixo %	51,2	46,6	52,8
pH	6,4	7,7	7,5
Relação C/N	25,3	17,0	18,3

O procedimento de preparação e de tratamento experimental utilizado envolveu a distribuição de três tipos de composto de aguapé e solo para quantidades de compostos correspondentes às aplicações de 10, 20 e 40 toneladas por hectare. Admitiu-se que a profundidade efetiva da terra fosse de 20 cm para adaptação da unidade de aplicação por hectare para o vaso. Obedecendo a critérios estatísticos, prepararam-se seis repetições para cada tratamento. Desta forma, os tratamentos adotados e as quantidades de compostos de aguapé utilizados para cada tratamento podem ser resumidos na Tabela 8.

Após a semeadura do trigo (oito sementes para cada vaso), todos os vasos experimentais foram colocados aleatoriamente na varanda de um dos prédios do laboratório da Estação Experimental. Quando as plantas atingiram cerca de 50 cm de altura, foi colocado em cada vaso um apoio com estrutura de arame para possibilitar o crescimento normal da planta.

TABELA 7 - Composição Química do Solo Utilizado

Parâmetro	Resultado	Parâmetro	Resultado
N %	0,03	Al meq/100 g	0,32
P ppm	1,00	H+Al meq/100 g	1,65
K ppm	20,00	S e. mg/100 g	0,85
C %	0,22	T e. mg/100 g	2,50
Ca meq/100 g	0,56	V %	34,00
Mg meq/100 g	0,24	pH	5,60

Onde: S = Soma de Bases

T = Capacidade de Troca de Cátions

V = Saturação de Bases

Obs.: As determinações foram realizadas no Departamento de Química da ESALQ-USP.

Decorridos 73 dias após o plantio, as plantas de cada vaso foram colhidas e lavadas. A seguir, o sistema radicular e a parte aérea foram separados e colocados, isoladamente, em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, até serem obtidos pesos constantes.

Nas Tabelas 9 e 10 são relacionados os resultados em peso (g) obtidos para o sistema radicular e a parte aérea, respectivamente, em função do tratamento e tipo de composto e, nas Tabelas 11 e 12, os resultados de tratamento estatístico para cada parte da planta. Na Figura 2 estão representados graficamente os resultados em peso para o sistema radicular e a parte aérea.

TABELA 8 - Condições Utilizadas no Plantio Experimental

Tipo	Quantidade de Composto Aplicado no Vaso (g)	Número de Vasos
I (só composto)	25	6
	50	6
	100	6
II (aguapé + esterco de galinha)	25	6
	50	6
	100	6
III (aguapé + esterco de galinha + enzima)	25	6
	50	6
	100	6
Testemunha (só solo)	0	6

TABELA 9 - Resultado de Peso (em Grama) do Sistema Radicular em Função do Tipo de Composto (T) e Dosagem (D)

Dosagens	Tratamento																	
	T1					T2					T3							
D1	1,4	1,9	1,3	3,3	1,5	1,7	3,4	1,8	2,9	2,4	4,2	2,3	3,0	3,0	2,5	2,4	2,5	1,4
D2	1,6	2,1	1,3	1,4	1,7	1,8	3,1	3,3	4,1	5,0	3,9	2,0	2,8	3,1	2,6	3,2	2,8	3,5
D3	2,2	1,4	0,7	1,5	1,9	1,5	2,3	2,3	2,5	3,5	2,5	3,9	3,0	2,1	2,9	4,2	3,9	1,4
Testemunha	1,1	0,7	0,7	1,5	0,7	1,5												

TABELA 10 - Resultado de Peso (em Grama) da Parte Aérea em Função do Tipo de Composto (T) e Dosagem (D)

Dosagens	Tratamento																	
	T1					T2					T3							
D1	1,7	2,1	1,0	2,3	1,6	2,4	4,1	3,9	3,9	3,5	4,2	3,4	3,7	4,5	3,5	2,9	3,3	2,9
D2	1,1	2,5	1,2	1,1	2,1	1,9	4,1	4,5	5,5	5,1	3,7	4,2	4,3	4,6	3,2	3,4	3,3	4,4
D3	2,5	1,9	0,3	1,8	2,6	1,7	3,2	4,3	4,7	4,2	4,0	4,4	2,4	3,4	3,8	2,9	4,1	2,6
Testemunha	1,2	0,9	0,6	0,5	1,2	2,3												

TABELA 11 - Tratamento Estatístico da Parte Aérea

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,06	0,530	1,157
Tipos	2	55,19	27,595	60,251
Interação	4	1,83	0,458	0,682
Fatorial	8	58,08	7,260	10,804
Fatorial x Teste	1	7,48	7,48	11,131
Tratamentos	9	65,56	7,284	10,839
Resíduo	50	33,61	0,672	
Total	59	99,167		

TABELA 12 Tratamento Estatístico do Sistema Radicular

CV	GL	SQ	QM	F
Dosagens	2	1,35	0,675	1,286
Tipos	2	19,72	9,860	18,781
Interação	4	2,10	0,525	0,879
Fatorial	8	23,17	2,896	4,851
Fatorial x Teste	1	6,410	6,410	10,737
Tratamentos	9	29,58	3,287	5,506
Resíduo	50	29,85	0,597	
Total	59	59,430		

Coefficiente de variação = $\frac{0,773}{2,368} \times 100 = 32,64\%$

Coefficiente de variação = $\frac{0,82}{2,943} \times 100 = 27,85\%$

CV = Causa da Variação
GL = Graus de Liberdade

SQ = Soma de Quadrados
QM = Quadrado Médio

F = Teste F

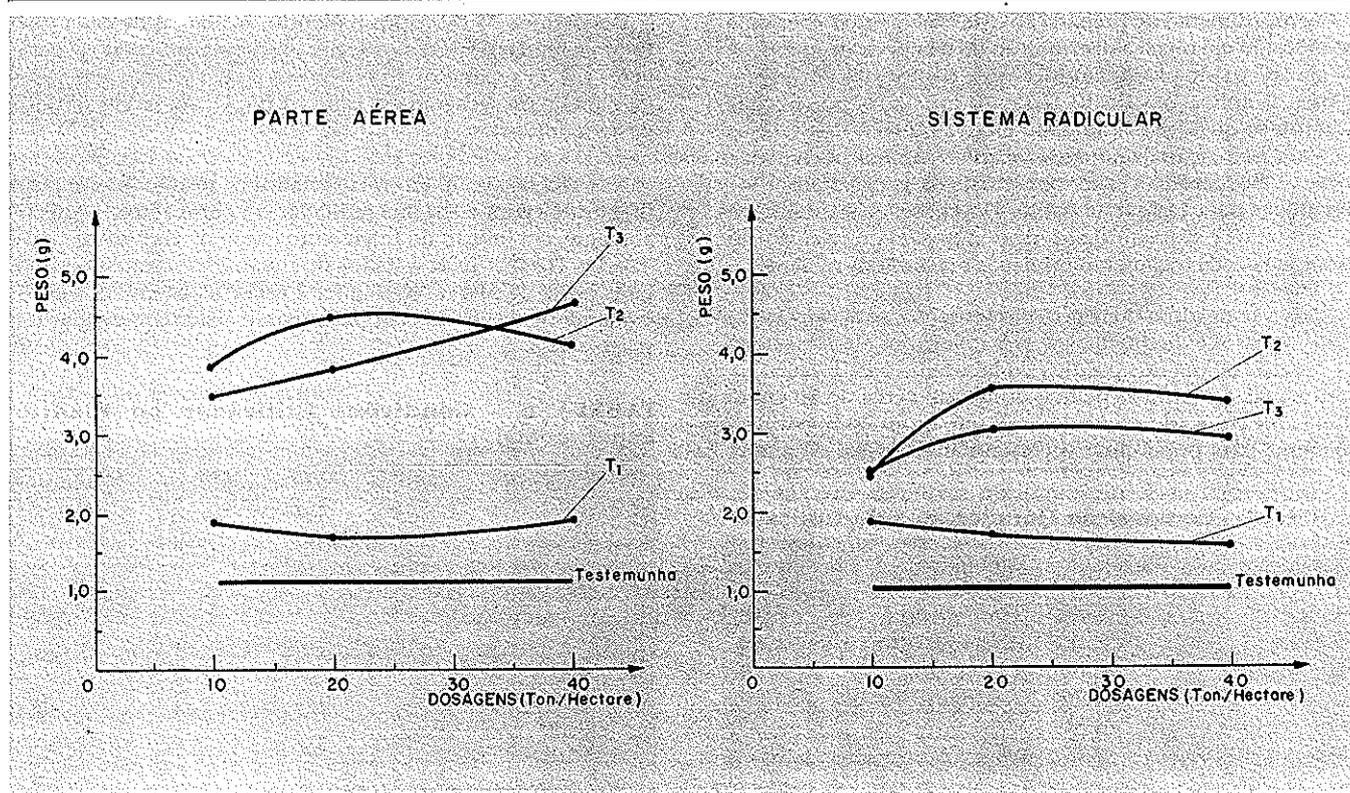


FIGURA 2 - Resultado em Peso do Sistema Radicular e Parte Aérea nos Ensaio de Plantio de Trigo

De acordo com os resultados dos experimentos e das análises estatísticas, não se observa diferença significativa de crescimento tanto do sistema radicular quanto da parte aérea, entre as diversas dosagens de compostos de aguapé aplicadas. Todavia, os tipos de compostos II e III, ou seja, aqueles fermentados com esterco de galinha e esterco de galinha mais enzima, respectivamente, apresentaram resultados significativamente superiores aos do composto I. Como já foi evidenciado pelos resultados de composição química e a evolução da temperatura durante o processo fermentativo apresentado anteriormente, ocorreu pouca atividade microbiana e, conseqüentemente, pouca decomposição de aguapé no composto I, contribuindo muito pouco o crescimento das plantas submetidas ao teste.

Em relação às diferenças de crescimento entre os compostos II e III, os vasos que receberam esterco mais enzima apresentaram resultados ligeiramente inferiores aos do composto II em ambas as partes das plantas experimentais. Esse fato sugere algumas interferências negativas da utilização da enzima no crescimento de trigo, embora ela auxilie no processo fermentativo.

Quanto à diferença de crescimento entre as dosagens, não foi evidenciado ao nível de 5%, pois acredita-se que os teores de nutrientes existentes nos compostos é baixo, não atendendo sequer às necessidades nutricionais da planta no solo utilizado.

É interessante notar que a simples utilização do aguapé sem acréscimo de nutrientes não mostra diferença significativa com a testemunha, com tendência a ocorrer o decréscimo de produção com o aumento de sua aplicação, uma vez que o aguapé - quando incorporado ao solo - demanda nutrientes para a sua decomposição, os quais serão retirados do solo; ou seja, o composto neste caso estará competindo em nutrientes (principalmente nitrogênio) com as plantas, não sendo recomendável, em termos nutricionais, a simples aplicação de aguapé no solo sem uma fermentação adequada.

ASPECTOS ECONÔMICOS

Quando se considerar o aproveitamento, a nível industrial, de qualquer tipo de subprodutos resultantes do tratamento de esgotos, deve-se levar em conta fundamentalmente os fatores qualidade, condições de fornecimento e custos do produto.

Como foi visto no item anterior, o composto produzido com base no aguapé pode ser enquadrado como fertilizante orgânico de qualidade satisfatória, havendo, portanto, boas perspectivas para sua comercialização. Embora os teores de fertilizantes minerais sejam baixos, ele é aceitável como adubo orgânico, tendo em vista a quantidade de matéria orgânica, relação C/N, facilidade de manuseio etc.

Com relação à quantidade e continuidade de fornecimento de produtos, que se constituem em outros fatores importantes para garantir a produção a nível industrial, podem ser satisfeitas com relativa facilidade. De acordo com os dados levantados nos estudos realizados anteriormente (Kawai & Grieco), pode-se adotar a produção de aguapé de 100 a 150 kg/ha.dia em peso seco ou 2~3 t/ha.dia em peso úmido no sistema de tratamento e 50 a 100 kg/ha.dia em peso seco ou 1 a 2 t/ha.dia em peso úmido no reservatório.

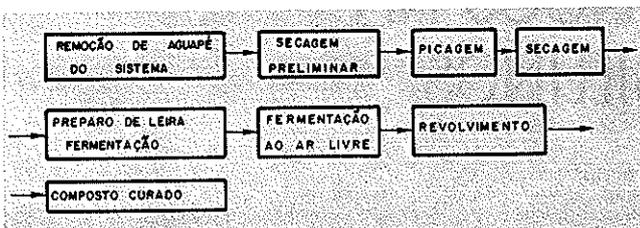
A lagoa de aguapé com uma área de 1 hectare pode tratar, aproximadamente, 150 kg de DBO/ha.dia com uma eficiência de 80%, o que corresponde a uma população de 3.000 hab (Kawai & Grieco).

É importante salientar que em um núcleo habitacional de porte muito pequeno, a produtividade do aguapé é, evidentemente, muito restrita, podendo dificultar o processo de fermentação e também onerar os custos operacionais.

Um dos problemas sérios a ser enfrentado na tentativa de se aproveitar o aguapé, qualquer que seja sua finalidade, é o elevado teor de umidade e sua baixa densidade. À semelhança de outras plantas aquáticas, o aguapé contém umidade superior a 95%, o que acarreta o aumento no custo da industrialização. Outro aspecto negativo dessa planta, para

industrialização, é que sua estrutura é muito volumosa: uma tonelada ocupa cerca de 3 m³. Essa característica, evidentemente, dificulta o processo de produção e comercialização, especialmente no que diz respeito ao transporte.

Com base nas considerações iniciais apresentadas, efetuou-se uma estimativa do custo para produção de composto de aguapé, de acordo com o seguinte fluxograma:



FLUXOGRAMA 2

O cálculo de custo para remoção de aguapé do sistema de tratamento de reservatório foi efetuado com base nos dados levantados pela SABESP na lagoa de estabilização de Mairiporã e nos estudos da CETESB efetuados na lagoa de aguapé de Jacaré e no reservatório de Promissão. Adotou-se o salário de Cz\$ 2.000,00 (inclusive encargos sociais) por mês, para cada trabalhador, para serviços de retirada de aguapé.

Todas as despesas de manuseio necessárias para picagem, secagem e fermentação foram estimadas de acordo com os resultados obtidos no experimento piloto realizado na Estação Experimental em Novo Horizonte.

O custo da depreciação apresentado no cálculo é relativo ao investimento para aquisição de picadeira e construção de cobertura para secagem de aguapé. Em função da escala de produção, optou-se pela picadeira de marca Penha, modelo TM 5.000, com capacidade de picagem de 4 t de aguapé por dia.

São necessários cerca de quatro a sete dias para secagem de aguapé a fim de adquirir a umidade adequada à fermentação (50 ~ 60%). Para essa finalidade, estimou-se o custo da construção de uma cobertura feita com estrutura de madeira (caibros), revestida com filme de plástico para agricultura, e piso coberto com uma mistura de solo e cimento. Pela experiência anterior, adotou-se a área de 750 m² para secagem diária de 3.000 kg de aguapé com o tempo de secagem de cinco dias. Avaliou-se em um ano a vida útil para a picadeira e cinco anos para a cobertura, exceto o filme de plástico, que necessita de renovação anual.

Para os cálculos demonstrados abaixo, tomou-se por base uma lagoa com área de 1 ha e produção de aguapé de 3.000 kg/dia (base úmida).

	Cz\$/t de aguapé com base na umidade de 95%
Remoção de aguapé da lagoa	100/t
Manuseio para picagem, secagem e preparo de leira	80/t
Custo de esterco	20/t
Depreciação	30/t
Consumo de energia	20/t
Despesas gerais	20/t
Subtotal	270/t
Custo de produção de fertilizante com umidade de 43%	595/t

Admitiu-se, para efeito de cálculo de custo, que todos os processos de produção foram realizados em local junto ao sistema de tratamento ou do reservatório.

Todas as despesas referentes à produção foram calculadas em condição da umidade de 95% no aguapé. De conformidade com a lei estabelecida pelo Ministério de Agricultura, a umidade do adubo orgânico comercializado deve ser menor que 43%. Por esse motivo, o custo de produção foi ajustado de acordo com a variação da umidade prévia e posterior ao processo de compostagem (95% e 43%).

Hoje, o composto orgânico de lixo com a composição de 1% de N, 0,8 de K, e 40% de matéria orgânica custa cerca de Cz\$ 150/t. O esterco cru, porém com a composição química bastante superior à do composto de aguapé, do ponto de vista de fertilizante mineral e orgânico, custa, atualmente, em torno de Cz\$ 300/t.

Diante desses preços, pode-se julgar que o custo de produção de composto de aguapé é excessivamente elevado para consumo geral.

Mesmo eliminando-se o custo referente à remoção do aguapé que, eventualmente, poderá ser incluído nos custos operacionais do sistema de tratamento ou do reservatório, o composto de aguapé custará em torno de Cz\$ 400/t, não podendo ser um adubo destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

CONCLUSÃO

É possível transformar o aguapé produzido no sistema de tratamento ou em reservatório em composto orgânico, através do processo de fermentação ao ar livre.

Os estudos do valor fertilizante do composto de aguapé apresentaram aspectos positivos, quanto à sua aplicabilidade. No entanto, o custo da produção em nível industrial, estimado com base nos dados obtidos no experimento, apresenta-se excessivamente elevado, não podendo ser enquadrado como fertilizante destinado a conquistar uma larga faixa de mercado.

Provavelmente o uso mais viável desta planta aquática restrinja-se ao nível individual, isto é, para quem resida próximo ao local de produção de aguapé (reservatório ou lagoa de tratamento) - para usos particulares e em pequena escala.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe de técnicos e auxiliares da Estação Experimental de Biotecnologia da CETESB em Novo Horizonte, bem como ao engenheiro Vito Marcello Grieco, ao biólogo José Maurício Teixeira Ferro Costa, ao analista de laboratório Sidney Jorge de Almeida Silva e, especialmente, ao agrônomo Hiroyuki Yoshimoto, pela imensa colaboração prestada, sem a qual este estudo não teria sido efetuado.

REFERÊNCIAS

- FINSTEIN, M. S. & MORRIS, M. L. "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting", *Advance Applied Microbiology*, 19: 113-51, 1979.
- FINSTEIN, M. S. et al. "Microbial Ecosystems Responsible for Anaerobic Digestion and Composting", *Journal of Water Pollution Control Federation*, 52(11): 2675-85, 1980.
- FINSTEIN, M.S. et al. "Discussion of R.T. Haug: Engineering Principles of Sludge Composting", *Journal of Water Pollution Control Federation*, 52: 2037-40, 1980.
- IGUE, K. et al. *Adubação Orgânica*. Paraná; JAPAR, 1984. 33 p. Informe da Pesquisa; 59.
- KAWAI, H. & GRIECO, V. M. "Utilização do Aguapé para Tratamento de Esgoto Doméstico: Estabelecimento de Critérios de Dimensionamento de Lagoas de Aguapé e Abordagem de Alguns Problemas Operacionais", *Revista DAE*, São Paulo, SABESP, 135:79-90, dez. 1983.
- KIEHL, E.J. *Fertilizantes Orgânicos*, Piracicaba, Agrônômica "CERES", 1985, 492 p.
- MELLANBY, Kenneth. *Biologia da Poluição*, São Paulo, EPUSP/ EDUSP, 1982, 89 p.
- RAIJ, Bernardo Van. *Avaliação da Fertilidade do Solo*, Piracicaba, Instituto da Potassa, 1981, 142 p.

NOTAS SOBRE O ZOOPLÂNCTON, BENTOS E FUNGOS NA REPRESA BILLINGS

Aristides Almeida Rocha¹
Augusto Merighi Junior²

RESUMO - Foi efetuado na represa Billings um levantamento de dados hidrobiológicos, procurando-se realizar uma retrospectiva histórica. Evidenciou-se que apenas o fitoplâncton foi pormenorizadamente estudado, permanecendo os fungos, o zooplâncton e os organismos macroinvertebrados do fundo bentônicos relativamente pouco conhecidos na represa. Concluiu-se que o zooplâncton e os macroinvertebrados não apresentam números populacionais significativos e indicam uma alta seletividade do ambiente aquático. Os fungos encontrados são característicos de ambientes poluídos com alta carga orgânica.

ABSTRACT - This paper presents the results of a survey performed at Billings reservoir in São Paulo, Brazil, where the hydrobiological parameters were studied in an attempt to establish a historical retrospective. The analysis of these parameters indicated that only the phytoplanktonic organisms have been studied in detail, while the zooplankton, the fungi and the benthic community are relatively unknown in that reservoir. These results lead to the following conclusions: the zooplankton and the macroinvertebrates do not appear in a significant number, showing the high selectivity of the aquatic environment. The fungi found in this study are characteristic of environments submitted to a strong organic pollution.

INTRODUÇÃO

A represa Billings, que integra um complexo sistema hidrográfico, além de servir à geração de energia elétrica, recreação e pesca, funciona também como regularizadora das vazões do Alto Tietê e como manancial de abastecimento não só para a região industrial de Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, mas indiretamente, para o município de Cubatão, na Baixada Santista (SP).

Desde o final dos anos 40, esse imenso manancial teve sua ecologia alterada, quando passou a receber a maior carga dos esgotos domésticos da cidade de São Paulo, através do recalque das águas do rio Pinheiros. Portanto, conhecer a fauna e a flora que ali se desenvolvem é bastante importante não só para a tomada de decisões, mas também para os controles preventivo e corretivo da poluição, assim como para o desenvolvimento de programas e ações destinadas à manutenção do equilíbrio ecológico, pelo menos, em determinados trechos da represa.

LEVANTAMENTO DE DADOS

Em uma retrospectiva histórica de dados existentes na represa, efetuada por Rocha, 1984, ficou evidenciada a grande quantidade de dados físico-químicos que possibilitam uma caracterização sanitária da coluna d'água ao longo do corpo hídrico. A Figura 1 indica as zonas e setores amostrados na represa. Todavia, esse mesmo trabalho permitiu ressaltar que, quanto à hidrologia, apenas o fitoplâncton foi pormenorizadamente estudado (talvez por sua mais íntima liga-

ção com a qualidade da água para abastecimento público e maiores facilidades de coleta), permanecendo o zooplâncton e os organismos de fundo (bentônicos) relativamente pouco estudados na represa.

Procurou-se, então, trazer à luz alguns dados, ainda que escassos, que merecem referência não só por seu pioneirismo, mas principalmente pelo valor científico, como auxiliares na caracterização sanitária e limnológica do manancial.

O trabalho de campo dos autores e o levantamento bibliográfico desde a década de 60 até 1980 possibilitaram a elaboração de algumas tabelas, permitindo o registro histórico que fundamentalmente está assentado nas referências seguintes: Zugman, 1964; Branco, 1975; CETESB, 1975; Xavier, 1979 e Kubo, 1980.

O conjunto de animais planctônicos na represa Billings é representado principalmente por protistas de vida livre não fotossintetizantes, rotíferos, microcrustáceos e vermes nematodos. Para esses organismos foram calculados os dados médios e procurada a média ponderada das medianas em relação ao número de registros e ao número de coletas por campanha realizada, utilizando-se a fórmula:

$$MP = \frac{1}{A} \times \sum_{i=1}^n (B \times MED)$$

onde: MP = média ponderada das medianas para cada um dos grupos de macroinvertebrados

A = número total de coletas em cada campanha

B = número de registros, ou seja, o número de vezes em que o gênero aparece na amostra coletada

MED = mediana em número de organismos por ml para cada gênero assinalado

¹ Biólogo da CETESB, Professor Adjunto da Faculdade de Saúde Pública da USP
² Engenheiro da CETESB

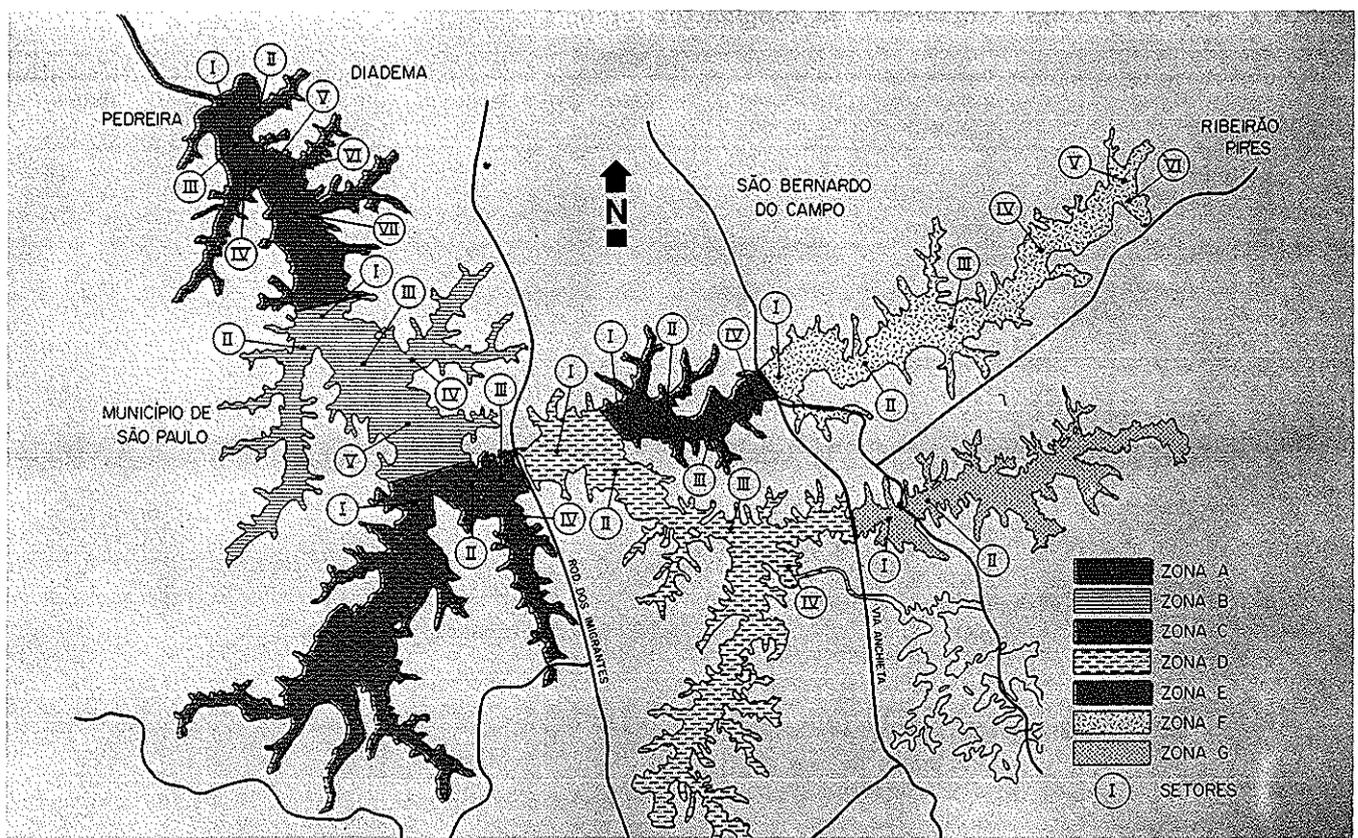


FIGURA 1

O ZOOPLÂNCTON

O zooplâncton na represa Billings (Tabela 1) é em certos setores abundante, e sua importância está ligada à alimentação dos peixes, à manutenção do equilíbrio das populações de algas e bactérias, e ao processo de estabilização do material orgânico.

Além dos protozoários e vermes nematodes, em 1975, foram encontrados 4.826 vermes rotíferos/m³ (dados médios) na zona A, setor IV, e na zona B, setor III, 1.996 microcrustáceos copépodos e 1.731 vermes rotíferos/m³. Na zona C, setor III, predominaram os copépodos, 8.736/m³, cladóceros, 6.087/m³ e rotíferos, 2.546/m³.

Mas o grande número de microcrustáceos naquele ano foi registrado na zona G, setor I, cujas medianas foram 17.635 copépodos/m³ e 34.456 cladóceros/m³.

Nessa mesma zona e setor, em 1979, foram registrados 28.532 copépodos ciclopoídes/m³, 3.448 cladóceros/m³, 28.125 vermes rotíferos/m³.

Esses números médios corroboram as observações de Sendacz (1978) que, estudando o zooplâncton da represa, ressaltou a predominância sobretudo dos vermes rotíferos e dos microcrustáceos.

Sob o aspecto hidrobiológico, os rotíferos são bons indicadores da qualidade ecológico-sanitária de um reservatório. Algumas espécies são características de águas poluídas com matéria orgânica, enquanto outras preferem águas limpas.

Os microcrustáceos cladóceros, que durante a maior parte do ano têm as populações constituídas quase que exclusivamente de fêmeas, alimentam-se de bactérias, algas, protozoários e detritos orgânicos e suportam concentrações menores que 1 mg/l de oxigênio dissolvido.

Os copépodos alimentam-se de vegetais e animais unicelulares, assim como de matéria orgânica particulada, sendo um elo importante da cadeia alimentar.

Esses microcrustáceos têm ainda realce como possíveis hospedeiros intermediários de parasitas de peixes, aves aquáticas, mamíferos e, às vezes, do homem, sendo frequentemente encontrados junto à vegetação aquática superior, resistindo à falta de oxigênio dissolvido.

No reservatório, em geral, os mesmos gêneros foram encontrados tanto em regiões de severa poluição (zona A, setor IV), quanto naquela em que a qualidade sanitária-ecológica é melhor, como na zona G, setor I.

Assim, os copépodos ciclopoídes *Termocyclops crassus* e *Metacyclops mendocinus* foram comuns às duas zonas mencionadas. Apenas *Tropocyclops prasinus* só foi identificado na zona mais limpa, isto é, no braço do rio Grande.

Os cladóceros foram representados por um maior número de gêneros, quais sejam, *Ceriodaphnia* sp, *Daphnia* sp, *Diaplanosoma* sp e *Bosmina* sp, todos comuns às zonas A, setor IV e G, setor I. Entretanto, *Bosminopsis* sp só ocorreu na zona A, setor IV.

Foram identificados ainda os protozoários *Vorticella* sp e *Paramecium* sp na zona D, setores II e IV. As vorticelas, assim como os paramécios, são comuns em sistemas de tratamento secundário de esgotos, ocorrendo também em ambientes de alta concentração de material orgânico.

OS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS (BENTOS)

Os organismos bentônicos habitam o fundo de rios e lagos, vivendo sobre o leito ou enterrados nele e, quando livre-natantes, têm pouca mobilidade. Esses organismos de fundo podem ser bactérias, algas, plantas aquáticas superiores, microfauna e macrofauna.

Os organismos de fundo, aqui representados pela macrofauna de invertebrados, identificados ao nível taxonômico de família são principalmente anelídeos, moluscos e larvas na forma de jovens insetos, caracterizando as zonas litoral (1 m de profundidade), sublitoral (3,5 m de profundidade) e as regiões profundas propriamente ditas.

Foram estudados os representantes da macrofauna, que vivem pelo menos parte de suas vidas sobre substratos do corpo d'água. Como na sua maior parte são gregários, constituem importantes membros da cadeia alimentar, refletindo

TABELA 1 - Represa Billings - Organismos do Zooplâncton (org/m³)

Zona	Setor	Ano	Macroinvertebrados	Nº Mínimo	Nº Máximo	Mediana ou Média	Nº Registros	Média das Medianas
A	I	1973	-	0	0	0	0	0
		1975	Nematoda	0	305	76	1	19
			Protozoários	0	102	26	1	7
		1978	-	0	0	0	0	-
		1979	Copepoda (Ciclopoida)	0	156	39	1	14
			Cladocera (14,5 m prof.)	0	67	17	1	
	1979	Copepoda (Ciclopoida)	0	11.332	2.833	2	882	
		Cladocera	0	2.777	695	2		
	Ostracoda (3,0 m prof.)	0	22	6	2			
	1979	Copepoda (Ciclopoida)	0	156	34	2	40	
Cladocera (1,0 m prof.)		0	489	123	2			
IV	1979	Copepoda (Ciclopoida)(3.363)	-	280	140	2	841	
		<i>Termocyclops crassus</i>	-	250	125	2		
		<i>Metacyclops mendocinus</i>	-	2.475	1.238	2		
		Nauplius	-	358	179	2		
		Cladocera (2.215)	-	3	2	2	554	
		<i>Ceriodaphnia</i> sp	-	1.269	635	2		
		<i>Daphnia</i> sp	-	462	231	2		
		<i>Diaphanosoma</i> sp	-	327	164	2		
		<i>Moina</i> sp	-	96	48	2		
		<i>Bosmina</i> sp	-	58	29	2		
		<i>Bosminopsis</i> sp	-	-	-	-		
		Rotifera (21.604)	-	19.683	9.842	2	5.401	
		<i>Brachionus</i> sp	-	8	4	2		
		<i>Polyarthra</i> sp	-	1.253	827	2		
		<i>Filinia</i> sp	-	390	195	2		
		<i>Asplanchna</i> sp	-	270	135	2		
Outros gêneros	-	-	-	-				
B	I	1975	Copepoda	15	3.642	46	3	10
			Cladocera	0	305	7	2	
			Rotifera	0	8	2	1	
			<i>Keratella</i> sp	0	8	2	1	
			Outros gêneros	8	2.012	126	4	
III	1975	Copepoda	885	3.107	1.996	2	219	
		Cladocera	3	6.978	244	3		
		Rotifera	916	2.547	1.731	2		
		Outros	0	140	35	1		
III	1978/9	Copepoda	-	-	-	4	-	
		Cladocera	-	-	-	4	-	
I	1978/9	Copepoda	-	-	-	4	-	
		Cladocera	-	-	-	4	-	
C	II	1975	Copepoda	249	24.855	8.786	4	6.087
			Cladocera	1.415	12.911	6.087	4	
			Nauplius	0	63	16	1	
			Rotifera	1.145	3.947	2.546	2	
			Outras	0	35.652	8.913	1	
III	1978/9	Copepoda	-	-	-	4	-	
		Cladocera	-	-	-	4	-	

TABELA 1 - Represa Billings - Organismos do Zooplâncton (org/m³)

Zona	Setor	Ano	Macroinvertebrados	Nº Mínimo	Nº Máximo	Mediana ou Média	Nº Registros	Média das Medianas
D	II	1975	Copepoda	746	1.795	955	4	436
			Cladocera	13	4.380	463	4	
			Nauplius	265	382	324	4	
			Rotifera					
			<i>Brachionus</i> sp	0	13	4	1	
			Outros gêneros	738	12.814	3.692	4	
			Protozoários					
			<i>Vorticella</i> sp	0	10	3	1	
			<i>Paramecium</i> sp	0	41	11	1	
			Outros protozoários	0	193	49	1	
	IV	1975	Copepoda	2.165	4.329	2.354	4	1.679
			Cladocera	102	13.803	2.249	4	
			Nauplius	3.600	4.838	4.219	2	
			Rotifera					
			<i>Keratella</i> sp	0	51	13	1	
			<i>Brachionus</i> sp	0	127	32	1	
			Protozoários					
			<i>Vorticella</i> sp		0	891	223	
			Outros protozoários	0	30	8	1	
			IV	1978/9	Copepoda	-	-	
Cladocera	-	-			-	4	-	
E	I	1975	Rotifera	-	1	1	1	-
		1964	Plancton (em geral)	-	-	-	29	-
		1975	Copepoda	10.365	54.905	17.635	2	8.818
			Cladocera	12.173	56.738	34.456	2	17.228
			Rotifera	2.012	2.037	2.025	2	1.013
		1978/9	Copepoda	-	-	-	4	-
Cladocera	-		-	-	4	-		
G		1979	Copepoda (Ciclopoida)(57.063)					
			<i>Termocyclops crassus</i>	-	6.188	3.094	2	14.266
			<i>Metacyclops mendocinus</i>	-	1.000	500	2	
			<i>Tropocyclops prasinus</i>	-	9.375	4.688	2	
			Nauplius	-	32.438	1.622	2	
			Copepoditus	-	8.062	4.031	2	
			Cladocera (6.896)					
			<i>Ceriodaphnia</i> sp	-	4.188	2.094	2	
			<i>Daphnia</i> sp	-	1.250	625	2	
			<i>Diaphanosoma</i> sp	-	854	127	2	1.724
			<i>Moina</i> sp	-	354	177	2	
			<i>Bosmina</i> sp	-	250	125	2	
			Rotifera (56.249)					
			<i>Brachionus</i> sp	-	13.562	7.781	2	14.063
			<i>Keratella</i> sp	-	31.500	15.750	2	
			<i>Conochiloides</i> sp	-	3.125	1.563	2	
			<i>Trichocera</i> sp	-	7.750	3.875	2	
<i>Asplanchna</i> sp	-	62	34	2				
<i>Synchaeta</i> sp	-	250	125	2				

Fonte: CETESB (1975) ; Xavier (1979) e Kubo (1979)

as condições do ecossistema aquático, sendo úteis para detectar perturbações ambientais resultantes de contaminantes introduzidos.

Na represa Billings, porém, a fauna de fundo não tem merecido a atenção que poderia e deveria ter recebido, como indicadora das condições ecológicas e sanitárias. Talvez porque a coleta e captura desses animais envolvam problemas operacionais ou, então, em certas regiões da represa, o acúmulo de lodo anaeróbio seja uma constante. Os dados estão inseridos na Tabela 2.

Fillos et al (1972) esclarecem que as atividades aeróbias no lodo se restringem a poucos milímetros junto à sua superfí-

cie. A camada anaeróbia não é uniforme e o máximo de atividade biológica é observada em profundidades compreendidas entre 2,5 e 5,1 cm.

Por essa razão, os organismos macroinvertebrados que vivem enterrados no lodo aproveitam o oxigênio dissolvido na água, provendo-se desse gás, retirando parte do corpo para fora do sedimento.

No corpo central da Billings, desde a barragem de Pedreira até o "Summit Control", o volume total de lodo, medido através de levantamento batimétrico, é de $5,79 \times 10^7$ m³. Essa medida, datada de 1983, indica um aumento de material de 12,25% em relação ao que existia em 1975. O volume to-

TABELA 2 - Represa Billings - Organismos de Fundo (org/m²)

Zona Setor	Ano	Chaoboridae			Chironomidae			Anthomyiidae			Orbitidae			Planorbidae			Ancyliidae			Physidae			Tubificidae			Glossiphoniidae		
		Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med
A Setor I	1975	0	43	11	0	86	22	0	43	11																		
	1979										0	22	6															
	1979				67	17					0	22	6									0	89	23				
	1979										0	44	11									0	22	6				
C Setor III	1973												1	2	1								2	9	6			
C Setor III	1971															1	1	1										
Setor II	1975	0	7	2																								
D Setor III	1975	0	1	1	1	5	2																1	15	2			
Setor IV	1975	0	43	11	1	5	1																1	344	86			
	1979				0	1	1												0	1	1		0	17	5			
F Setor I	1979																									0	1	1
G Setor I	1975	0	216	54																								

Fonte: CETESB (1975); Xavier (1979) e Kubo (1979)

TABELA 3 - Represa Billings - Íons Metálicos no Lodo (mg/kg lodo seco)

Íon Metálico	Zona Amostrada							
	Zona A		Zona B		Zona C	Zona D		Zona G
	Setor I	Setor IV	Setor I	Setor III	Setor III	Setor II	Setor IV	Setor I
Cobre	180	300	210	290	60	140	100	70
Chumbo	240	200	180	210	50	130	100	70
Zinco	920	1.300	930	1.390	100	480	440	150
Mercúrio	0,653	0,485	0,298	0,306	0,048	0,084	0,047	-
Cromo	392	485	372	283	234	122	86	223
Cádmio	5,5	8	8,5	8,8	2,04	4,5	4,2	2,0

Fonte: CETESB, 1979

tal acumulado corresponde a 7,5% do volume total da represa Billings no corpo central.

Todo esse lodo, que gradativamente vai se depositando na represa, se de um lado representa alimento disponível à fauna bentônica, por outro constitui um empecilho à sobrevivência desses animais, que sofrem permanente soterramento, principalmente nas primeiras zonas do corpo central, próximas à barragem de Pedreira, que recebem essa carga através do bombeamento. Já em 1954, por sinal, Bergamim alertava para a má qualidade do lodo na represa. Examinando ainda os íons metálicos encontrados no lodo (Tabela 3), fica evidenciado que essas concentrações ultrapassam as médias normalmente encontradas no solo de várias regiões do globo terrestre.

Infelizmente, não existe um critério que estabeleça as concentrações máximas permitidas de metais pesados no lodo, condizentes com a manutenção da ecologia aquática e outros usos da água. Para possibilitar uma comparação, contudo, serve de base o trabalho de Koizumi et al (1975), que indica como normais as concentrações médias de íons metálicos no solo, inseridos na Tabela 4.

Verifica-se que no lodo da represa - embora haja uma tendência de diminuição das concentrações de íons metálicos, desde a Pedreira (zona A) até o "Summit Control" (zona D) - é notável também (Tabela 3) que, em todos os setores, há um acúmulo que ultrapassa os dados médios utilizados para a comparação.

Em mg/kg, verifica-se que o cobre varia de 60 a 300, o chumbo de 50 a 240, o zinco de 100 a 1.390, atingindo o máximo na zona B, setor III, o mercúrio 0,047 a 0,653, o cromo de 86 a 485 e o cádmio de 8,8 a 20.

Essas são portanto, razões ponderáveis para que a macrofauna bentônica não seja diversificada ou abundante na represa Billings. Realmente, as poucas coletas efetuadas, desde que a represa foi construída, têm demonstrado essa assertiva. As coletas pioneiras de Rocha, na Billings, efetuadas em 1971 e 1973, bem como as de 1978 e 1979 e as de outros

TABELA 4 - Íons Metálicos no Solo (Concentrações Médias)

Íon Metálico	Concentração Média (mg/kg)
Cobre	30
Chumbo	15
Zinco	60
Mercúrio	0,03-0,30
Cromo	70
Cádmio	0,1-0,5

Fonte: Koizumi et al

pesquisadores, de 1975 a 1979, mostraram sempre a escassez da fauna de fundo da represa.

A Tabela 2 evidencia a presença total de nove famílias. Apenas as larvas de dípteros, Chaoboridae e Chironomidae, e os vermes oligoquetos Tubificidae aparecem em números representativos na comunidade bentônica. As zonas não representadas na tabela foram amostradas, mas o lodo coletado com o pegador de Eckman não apresentou nenhum exemplar.

Por outro lado, os seres coletados na zona A, setor I, são, na maior parte, da região sublitoral (1 m) e litoral (3 m). Aquelles coletados a 14,5 m de profundidade são artrópodos, ácaros Orbitidae, animais que têm uma possibilidade maior de deslocamento, fugindo assim das condições adversas.

O desequilíbrio ecológico na represa Billings, portanto, fica também evidenciado pela fauna bentônica.

Edwards et al (1965) ressaltam que os organismos de fundo, particularmente larvas de mosquitos Chironomidae e vermes Tubificidae, respectivamente em números superiores a 25 mil e 100 mil/m², podem influenciar nas taxas de oxigênio disponível e consumido no lodo. Ora, na represa, o número máximo encontrado foi de 344 Tubificidae por metro quadrado, na zona D, setor IV no "Summit Control" e 86 Chironomidae por metro quadrado, na zona A, setor I, a 1 m de profundidade, na zona sublitoral.

OS FUNGOS

Alguns comentários sucintos sobre a presença de fungos na represa e sua importância como indicadores de poluição são efetuados neste trabalho, com base em dados qualitativos de 1963 e 1965, pois a tentativa efetuada para a captura e identificação desse grupo de vegetais em 1978 e 1979 resultou infrutífera por duas principais razões.

A primeira, é que em quaisquer das amostragens (quatro coletas) na zona A, próxima à barragem de Pedreira, não ocorreu o aparecimento desses vegetais sobre as iscas (frutas em putrefação presas até a profundidade de 1 m). A segunda razão é a de que, nos outros três pontos de coleta, junto às rodovias dos Imigrantes e Anchieta, e no "Summit Control", as bóias demarcatórias foram sempre furtadas ou as iscas foram inutilizadas pela atividade predatória, não dos animais aquáticos, mas de seres humanos frequentadores da represa.

Os fungos, como indicadores de poluição, segundo Branco (1962), são aqueles pertencentes aos grupos dos limabiontes e limáfilos. Os primeiros estão presentes apenas em ambientes poluídos com matéria orgânica e os limáfilos podem desenvolver suas hifas e micélios tanto nos ambientes poluídos quanto naqueles de águas limpas.

Cooke et al (1960), trabalhando em rios da bacia de Ohio, nos Estados Unidos, encontraram praticamente os mesmos gêneros de fungos que foram identificados na represa Billings.

Na represa em estudo (Tabela 4), os gêneros *Blastocladia* e *Gonapodya* caracterizaram as zonas A, setor IV e B, setor II, com seis e duas espécies respectivamente, locais esses de intensa poluição e mais próximos dos lançamentos, através da barragem de Pedreira.

A zona F, setor I, apresentou os fungos *Zoopagus insidians*, *Achlya* sp, *Dictyuchus* sp. Os fungos *Zoopagus insidians* são típicos de sistemas de tratamento secundário de esgotos, como os lodos ativados, sendo indicadores do processo de estabilização de matéria orgânica.

Na zona G, setor I, a presença de fungos foi registrada nas 29 coletas efetuadas por Zugman (1964), mas nenhum deles identificados ao nível do gênero. No ano seguinte, Branco identificou no setor II apenas o gênero *Achlya* sp.

Particularmente *Achlya* e *Dictyuchus* são gêneros do grupo saprolegniales, formadores de extensos e característicos halos ao redor de partículas de material orgânico em decomposição e, portanto, auxiliares do processo de estabilização da matéria orgânica.

Todos esses ficomicetos relacionam-se intimamente com a presença de poluição nas águas e, principalmente *Blasto-*

cladia sp e *Gonapodya* sp, podem ser considerados representantes dos limabiontes.

Em resumo, na represa Billings, alguns gêneros foram comuns às zonas mais poluídas e menos poluídas, enquanto outros apareceram em apenas uma delas. Assim, *Brachionus* sp, *Keratella* sp, a *Asplanchna* sp ocorrem nas zonas A, D e G, enquanto que *Polyarthra* sp somente na zona A, setor IV, onde a poluição orgânica é acentuada.

Na zona G, setor I (braço do rio Grande), onde a qualidade sanitária é melhor, como já foi mencionado, os gêneros presentes foram *Conochiloides* sp, *Trichocera* sp e *Synchaeta* sp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se discorrer sobre os organismos que constituem, ao lado do fitoplâncton, a maior parcela da biocenose, de interesse no estudo da ecologia aquática, principalmente em ecossistemas poluídos, sob a ação antrópica.

Na represa Billings, tanto o zooplâncton quanto os macroinvertebrados que vivem no lodo do fundo, não apresentam números populacionais significativos e indicam uma alta seletividade do ambiente aquático.

Os fungos que foram encontrados na represa, pelo menos na região de Pedreira, são característicos de ambientes poluídos com alta carga orgânica. Na verdade, esses vegetais estão também presentes em sistemas de tratamento biológico de esgotos domésticos, o que constitui uma forte indicação de que a represa realmente, por vezes, se comporta em parte como uma lagoa de estabilização.

REFERÊNCIAS

- BERGAMIM, F. Sobre o preparo dos fundos das represas em função da pesca. *Notas Agric. Secr. Agric. São Paulo* 9 871: 17-18, 1954.
- BRANCO, W.C. Fungos em esgotos de águas poluídas. *Rev. DAE São Paulo*, 23 44: 31-32, 1962.
- BRANCO, S.M. Estudo das condições sanitárias da Represa Billings. *Arq. Fac. Hig. São Paulo*, 20 1: 57-86, 1966.
- CETESB. Estudo para a melhoria da qualidade das águas no reservatório Billings, São Paulo, 1975 mimeografado.
- Estudo da Represa Billings. Caracterização sanitária e ecológica para avaliação de suas águas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 10. Manaus, 1979, CETESB, São Paulo 32, p. 1-171.
- COOKE, W.B. & BARTSCH, A.F. Aquatic fungi in some Ohio streams. *Ohio J. Sci.*, Columbus, 60 3: 144-148, 1960.
- EDWARDS, R.W. & ROLLEY, H.L. J. Oxygen consumption of river muds. *J. Ecol. Inglaterra* 53: 1-19, 1965.
- FILLOS, J. & MALOF, A.H. Effect of benthic deposits on oxygen and nutrient economy of flowing waters. *J. Wat. Pollut. Control. Fed. Washington*, 44 4: 645-662, 1972.
- KOIZUMI, A. et al *Environmental Science*, ed. Koonan, Japão, 1975.
- KUBO, E. Tipologia de reservatórios do Estado de São Paulo. Secretaria da Agricultura, Instituto de Pesca, Seção de Limnologia, São Paulo, 1980. mimeografado.
- ROCHA, A.A. A Ecologia, os aspectos sanitários e de saúde pública da Represa Billings na Região Metropolitana de São Paulo, uma contribuição à sua recuperação. Tese de licenciatura - Faculdade de Saúde Pública, USP, 1984.
- SENDACZ, S. Alguns aspectos do zooplâncton da Represa Billings, São Paulo Dissertação de Mestrado - Instituto de Biociências da USP, 1978.
- XAVIER, M.B. Contribuição ao estudo da variação sazonal do fitoplâncton na Represa Billings, São Paulo Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP, 1979.
- ZUGMAN, J. *Levantamento de dados sobre a ocorrência de algas na Represa do Rio Grande ramo da Billings em São Paulo, no Município de São Bernardo do Campo*. Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar, São Caetano do Sul, SP, 1964 mimeografado.

TABELA 5 - Fungos na represa Billings

Zona	Setor	Fungo
A	I	<i>Blastocladia globosa</i> <i>Blastocladia</i> sp I <i>Blastocladia</i> sp II <i>Gonapodya prolifera</i> <i>Gonapodya brachynema</i>
B	II	<i>Blastocladia globosa</i> <i>Blastocladia incrasata</i> <i>Blastocladia pringsheintii</i> <i>Blastocladia</i> sp <i>Gonapodya prolifera</i> <i>Gonapodya brachynema</i>
F	I	<i>Zoopagus insidians</i> <i>Achlya</i> sp <i>Dictyuchus</i> sp <i>Pythium</i> sp
	II	<i>Achlya</i> sp
G	I	Ficomicetos (em 29 coletas) ⁽¹⁾

⁽¹⁾Branco, 1966 e Zugman, 1964

INFLUÊNCIA DA TRIFURALINA SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA BIOLOGIA DE PLANÁRIAS DE ÁGUA DOCE

Comportamento do herbicida em laboratório

Olentina de Souza Lima¹
Luci Aparecida Queiroz²

RESUMO - Neste trabalho procurou-se comparar dois grupos de planárias de água doce *Dugesia tigrina* quanto a alguns aspectos da sua biologia, especialmente relacionados à reprodução. Um dos grupos era constituído por vermes que haviam estado uma única vez, durante 96 horas, em soluções de 2 e 3 mg/l de Trifuralina. O outro grupo era de animais nunca antes submetidos à ação da droga. Os resultados obtidos ensejaram considerações sobre a ação daquele herbicida.

ABSTRACT - Action of Trifuralin on some biology's aspects of freshwater Planarian *Dugesia tigrina*, Girard, 1850. Behavior of the herbicide in laboratory. Two groups of freshwater planarians *Dugesia tigrina* were compared in respect of some features of their biology concerning to reproduction. One of the groups had been kept for only once in 2 and 3 mg/l of Trifuralin solution during 96 hours and the other had never been in contact with that substance, experimentally. Some considerations about properties of that herbicide could be inspired from the results of the research.

INTRODUÇÃO

Segundo Barnes (1975), poucos são os dados publicados sobre efeitos tóxicos de herbicidas em animais silvestres, porque a maior parte dos pesquisadores se preocupa com os efeitos indiretos, ou seja, os decorrentes das alterações verificadas no meio (poluição) enquanto habitat e fonte de alimentos. Sem minimizar a importância deste aspecto das pesquisas, a obtenção de dados sobre a ação direta daquelas substâncias sobre elos das cadeias alimentares de água nos parece igualmente importante, não apenas por fornecer subsídios à sua preservação, mas também informações ao homem que, situado no término daquelas cadeias, é o destinatário final de doses subletais acumuladas de substâncias tóxicas. Além disto, alguns resultados podem ser, com a devida prudência e reserva, transferidos à espécie humana.

Em trabalho anterior (1984), apresentamos dados relativos à LC₅₀ do herbicida Trifuralina para planárias de água doce, bem como algumas observações feitas no decorrer dos experimentos realizados. Assim, por exemplo, apresentamos naquele trabalho algumas evidências de uma maior sensibilidade das células da região cefálica à ação do herbicida. Dando sequência a essa linha de pesquisas, passamos a investigar a ação da Trifuralina sobre aspectos relacionados principalmente com a reprodução sexuada das planárias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como nosso objetivo neste trabalho era verificar o provável efeito da Trifuralina (α, α, α trifluoro-2, 6-dinitro-N, N-dipropyl-p-toluidina) sobre alguns aspectos da biologia da *Dugesia tigrina*, verme Turbellario, Tricládido de água doce, trabalhamos precisamente com aqueles exemplares já utilizados anteriormente para a determinação da LC₅₀ e cujas características morfológicas, procedência e manejo de laboratório constam do trabalho referido (1984 l.c.).

Tais vermes haviam sido mantidos em cristalizadores de vidro de 650 ml de capacidade, contendo soluções de 3,0 e 2,0 ppm de Trifuralina, uma única vez, durante 96 horas e, posteriormente, reconduzidos ao regime normal de cultura em cristalizadores semelhantes aos mencionados acima, porém nunca antes utilizados com herbicida, e com água vinda diretamente da represa do Lobo (paralelo 22°10' de latitude sul e meridiano 47°55' de longitude oeste - município de Itirapina). Esta água, sem tratamento, era trocada diariamente. Os animais eram alimentados semanalmente com fígado bovino amassado, até completa repleção. Idêntico tratamento era dispensado aos animais-controle.

Eventos relacionados com o objetivo da pesquisa eram cuidadosamente anotados para efeito de comparação com fatos similares observados e registrados nos controles, constituídos por vermes da mesma espécie, origem e características, diferindo dos primeiros apenas pelo fato de nunca terem estado em contato com o herbicida estudado, pelo menos nas

¹ Professora assistente (aposentada) da Escola de Engenharia de São Carlos (USP), Departamento de Hidráulica e Saneamento, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA)

² Técnica de laboratório da Escola de Engenharia de São Carlos (USP)

condições de laboratório. Estes animais-controle, denominados animais "limpos", constituíram o grupo B, enquanto os que haviam estado em Trifuralina, o grupo A. As características ambientais eram as mesmas para os dois grupos, após o início da fase comparativa: as temperaturas máximas registradas foram 26°C tanto para o ar quanto para a água dos aquários; as mínimas, 17°C. O oxigênio dissolvido na água variou entre 9,2 e 7,2 mg/l e o pH esteve sempre entre 6,2 e 6,7.

Os casulos postos por vermes dos dois grupos eram transferidos para frascos de vidro, de pequeno tamanho, com capacidade para cerca de 120 ml, recebendo cada um deles apenas um casulo. Esta prática visava a um controle seguro dos efeitos da Trifuralina sobre as seguintes características: tempo decorrido entre postura e eclosão dos casulos, número de nascimentos por unidade, comprimento do verme ao nascer, percentagem de mortes e tempo de sobrevivência na cultura.

Os resultados aqui apresentados se referem a uma observação de 14 meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros dados obtidos dizem respeito ao tempo decorrido entre postura e eclosão dos casulos. Verificou-se que, para os animais que haviam estado em Trifuralina, o máximo foi de 27 dias e o mínimo de 15 e, para os controles (grupo B), de 26 e 16 dias respectivamente. Como se vê, a Trifuralina parece não interferir neste aspecto da fisiologia das *Dugesia tigrina*, pelo menos nas dosagens e no esquema em que foi utilizada.

Fator modificador muito importante do aspecto acima considerado é a temperatura: em *Ptenuis*, o tempo decorrido desde a postura dos casulos até o nascimento das planárias varia entre 18 e 106 dias, a temperatura de 20°C e 5°C, respectivamente, segundo Ball e Reynoldson (1981). Entre nós, Molina (1976) encontrou a média de 18,15 dias a temperaturas compreendidas entre 19 e 26°C, e 29,7 dias entre 15 e 24,5°C. Nos experimentos aqui relatados, a temperatura era a mesma para os grupos A e B (experiência e controle) e esteve sempre entre a mínima de 17°C e a máxima de 26°C.

Os dados apresentados acima se referem ao segmento de 34 casulos, sendo 22 postos pelas planárias do grupo A e 12 pelas do grupo B.

Um segundo aspecto desta pesquisa refere-se ao número de indivíduos nascidos de cada casulo. Para os animais do grupo A, de 22 casulos se originaram 68 planarínhas, o que dá uma média de 3,09 por unidade, enquanto que para o grupo B a média foi 5 (60 recém-nascidos de 12 casulos). Os dados aqui apresentados, embora em pequeno número, provêm das observações cuidadosamente registradas e parecem ser pioneiros na literatura. Deles, pode-se obter a informação preliminar de que a Trifuralina reduz o número de vermes por casulo. Tal informação cresce em importância quando se lembra que alguns dos animais componentes do grupo A já haviam deixado as soluções de Trifuralina há cerca de dois anos, isto é, por todo este tempo já estavam sendo mantidos em condições normais de cultura, sem nenhum contato com o herbicida.

De que maneira interferiria a Trifuralina reduzindo a descendência de cada casulo? A resposta, por certo, dependerá de outras pesquisas, que poderiam se orientar em duas direções: ação sobre o desenvolvimento embrionário, sendo normais as células reprodutoras; e existência de anomalias em óvulos e/ou espermatozoides, por efeito tóxico, tornando-os incompatíveis com a sua função específica. O exame dos casulos, oriundos dos grupos A e B, nas fases que procediam à eclosão, não revelou nenhuma diferença de comportamento. Em todos, oriundos ou não de vermes "tratados" com a Trifuralina, havia intensa movimentação interior desde o máximo de 18 dias antes do início da eclosão e do aparecimento das primeiras planarínhas. Estas observações, embora bastante simples, falam em favor da normalidade do desenvolvimento embrionário.

Quanto à segunda hipótese - provável ação sobre a gametogênese - a literatura respectiva traz algumas informações: Swanson e colaboradores (1949), Rehm (1952), Unrau e Larter (1952), Friensen e Olson (1953), Maun e Carvers (1969), ao trabalharem com o herbicida 2,4D e diversas plantas, detectaram algumas anormalidades, como esterilidade de grãos de pólen, alterações estruturais dos mesmos, tais como vacuolização, aberrações cromossômicas, e também inibição e desintegração dos óvulos.

Aspecto correlato bastante discutido em Ashton e Crafts (1981) é o da ação das dinitroalinas em geral e da Trifuralina em especial sobre o metabolismo dos ácidos nucléicos de diversos vegetais e, conseqüentemente, sobre a síntese de proteínas. Diversas enzimas são citadas como sujeitas a alterações de suas atividades por ação da Trifuralina. Assim, não seria totalmente fora de propósito supor, como hipótese de trabalho, que fenômenos semelhantes possam ocorrer em planárias de água doce, especialmente quando se encontram na literatura referências à ação de herbicidas diversos sobre a reprodução de outros animais: Webster e Lowe (1966) registraram maior rapidez de crescimento de calos em certas plantas e aumento da reprodução de *Aphelenchoides ritzemabosi*, nematóide parasita destes calos quando em presença de 2,4D na concentração de 0,125 mg/l, mas inibição da reprodução por solução de 5,0 mg/l; Davring e Sunner (1971), detectaram a influência de 2,4,5T na ovogênese de *Drosophila melanogaster*, com provável esterilidade.

De outro lado, sabe-se desde Linser (1964) que os crustáceos têm grande sensibilidade a certos herbicidas. Cope (1971), verificou redução de ovários e inibição da reprodução do peixe *Lepomis macrochirus* sob a ação do herbicida Diuron. Já Yockin e colaboradores (1980) constataram a possibilidade de reprodução de peixes submetidos a doses seguidas de Trifuralina, aplicada por meio de um sistema de dosagens contínuas, porém os jovens eram anormais e exibiam sinais nítidos de intoxicação após 16 dias de experiência.

Nunca observamos quaisquer sinais de teratogêneses nos jovens nascidos de casulos postos por planárias do grupo A.

Procurou-se, também, comparar o comprimento de planárias recém-nascidas, oriundas dos grupos A e B: verificou-se que, ao nascer, não havia diferenças porquanto as dimensões variavam nos dois grupos de 1 a 5 mm. Também não se registrou diferença quanto a este parâmetro para os nascidos de casulos postos por animais que estiveram em concentrações diferentes de Trifuralina (2 e 3 mg/l).

Tentamos, ainda, verificar se havia diferença entre a mortalidade das planarínhas que se originavam de casulos postos por animais que haviam estado em soluções de Trifuralina e as provenientes de casulos eliminados pelas planárias "limpas". Os resultados se mostraram bastante interessantes: a percentagem de mortes dos animais do primeiro grupo foi de 91,17, calculados sobre 68 indivíduos; a dos componentes do grupo B foi de 51,61, dos 31 controlados. Embora o tratamento estatístico destes dados nos permita concluir que é esperada maior mortalidade quando os vermes sexualmente

maduros são submetidos à ação da Trifluralina, é de todo aconselhável a obtenção de maior número de observações para que se possa considerar este achado como verdade definitiva.

Finalmente, procuramos saber se os animais dos dois grupos morriam por desintegração com a mesma idade, o que poderia fazer supor um "período crítico" no ciclo vital das planárias da espécie *Dugesia tigrina*. Verificamos, porém, que os descendentes dos vermes do grupo A morriam mais cedo, isto é, com 51,9 e 50,5 dias de vida, em média, para os que se originaram de casulos que estiveram em 3 e 2 mg/l, respectivamente. Já os provenientes de casulos "limpos" (grupo B), morriam aos 69,1 dias de vida, em média. Recordando que os dois grupos estiveram sempre submetidos às mesmas condições, exceto no que se refere ao "tratamento" pela Trifluralina a que foram submetidos os componentes do primeiro conjunto, somos levados a concluir que o herbicida utilizado na pesquisa pode ser responsabilizado pela maior mortalidade de planárias jovens.

Serão também de valia algumas considerações sobre o comportamento da Trifluralina. Anteriormente (1984), foi apontada a necessidade de se determinar com precisão a natureza e, sobretudo, a ação fisiológica de seus vários produtos de decomposição. Tal procedimento se impõe, dada a grande facilidade com que ela se altera. Strachan e Dana (1982) apresentam um novo problema sobre herbicidas do grupo das dinitroanilinas como a Trifluralina: em soluções aquosas, dificilmente mantêm suas concentrações, devido a fenômenos de adsorção às paredes dos recipientes de vidro, ainda que silicinizados. De seus experimentos, concluíram que a adsorção da Trifluralina ao vidro é processo irreversível até que todos os sítios disponíveis estejam preenchidos. Ainda quando isto acontece, a constância da concentração da solução é dificilmente mantida devido ao equilíbrio dinâmico entre a Trifluralina em solução e a ligada ao vidro, o que depende basicamente de três fatores: tipo de vidro, relação volume do líquido/área superficial e concentração inicial da solução. Os citados autores recomendam se proceda a determinações rigorosas das concentrações reais do herbicida antes de se atribuir a eles quaisquer respostas fisiológicas ou bioquímicas.

Os fenômenos relatados pelos referidos autores e a recomendação deles originada devem ser levados em consideração, não só em pesquisas futuras, como na apreciação de dados de LC₅₀ já publicados, bem como na avaliação dos efeitos da Trifluralina na biologia de planárias, aqui apresentados. Seria altamente desejável que todos estes dados fossem testados à luz daquela recomendação.

Em face dos resultados preliminares aqui apresentados e dos problemas apontados na bibliografia, verifica-se que é complexo o uso da Trifluralina e talvez também dos agrotóxicos em geral. Se de um lado são muito úteis à produção de alimentos, por outro podem gerar problemas de consequências sérias quando não perfeitamente conhecidos quanto aos seus produtos de alterações: suas propriedades físico-químicas e ações fisiológicas específicas. Há que se considerar, de modo especial, a ameaça que podem representar para a preservação e o equilíbrio biológico dos ecossistemas aquáticos e terrestres e para a qualidade da água de abastecimento.

No caso particular da Trifluralina, muito se tem escrito sobre a sua capacidade de adsorção às partículas do solo, o que traria certa tranquilidade quanto ao seu emprego, uma vez que esta característica evitaria o risco de contaminação das águas superficiais e profundas, atingidas pela lixiviação. Depois do trabalho de Strachan e Dana, verificou-se que o problema não é tão simples e já não se pode sentir tanta tranquilidade quanto à qualidade das águas que atravessam terrenos de culturas previamente submetidos ao tratamento com este herbicida de pré-emergência, aplicado em geral até seis semanas antes do plantio. A preocupação cresce quando se lembra que Yockin e colaboradores (l.c.) informam sobre a ocorrência de fenômenos de desorção deste herbicida das partículas de solo a que se adsorvem. Complementarmente, estes

autores afirmam crer que os perigos da Trifluralina nos ecossistemas aquáticos são maiores quando a entrada dela se verifica de forma contínua.

Evidentemente, muita pesquisa deve ainda ser feita, não somente com a Trifluralina, mas com todos os chamados defensivos agrícolas. Isso, para que eles possam ser usados com segurança absoluta na proteção às lavouras contra seus inimigos, mas para que também garantam a integridade e o equilíbrio dos complexos sistemas biológicos naturais e a qualidade da água de abastecimento.

REFERÊNCIAS

- ASHTON, F. M. & CRAFTS, A.S. Mode of action of herbicides. New York, Wiley-interscience, 1981, 525p.
- BALL, I. R. & REYNOLDSON, T.B. British planarians. London, Cambridge University Press, 1981, 141p. Synopsis of the British Fauna, 19.
- BARNES, J. M. Toxic hazards in the use of herbicides. In: Audus, L. J. ed. - Herbicides, Physiology, Biochemistry, Ecology. New York, Academic Press, 1976. 2v., 1172p.
- COPE, O. B. Interactions between pesticides and wildlife. Ann. Rev. Entom., 16: 325-64, 1971.
- DAVRING, L. & SUNNER, M. Cytogenetic effects of 2, 4, 5 - Trichlorophenoxyacetic acid on oogenesis and early embryogenesis in *Drosophila melanogaster*. Hereditas, 68: 115-22, 1971.
- FRIESEN, G. & OLSON, P. The effects of 2,4-D on the developmental process in barley and oats. Can. Agric. Sci. 33: 315-29, 1953.
- LINSER, H. The design of herbicides. In: Audus, L. J. ed. The physiology and biochemistry of herbicides. New York, Academic Press, 1964, cap. 17. 483-504.
- MAUN, M. A. & CAVERS, P. B. Effects of 2,4-D on seeds production and embryo development of Curley Dock. Weed Sci., 17: 533-36, 1969.
- MOLINA, F. M. L. R. Reprodução e ciclo biológico de *Dugesia tigrina* Girard, 1850 Turbellaria, Tricladida, Paludicola. São Paulo, Inst. de Biociências - USP, 1976: Dissert. Mestrado Zool..
- PRAVDA, O. Über de einfluse der herbizide auf ainige Suswassertiere. Hydrobiologia, 42 1: 97-142, 1973.
- REHMS, S. Male sterile plants by chemical treatment. Nature, 170: 38-9, 1952.
- SOUZA LIMA, O. Ação do herbicida Trifluralina sobre *Dugesia tigrina* Turbellaria, Tricladida. Ci. e Cult., 36 11: 1940-42, 1984.
- STRACHAN, S. D. & HESS, F. D. - Dinitroanilina herbicides adsorb to glass. J. Agric. Food Chem., 30: 389-91, 1982.
- SWANSON, C. P.; LA VELLE, G.A. & GOODGAL, S. H. Ovule abortion in *Tradescantia* as effected by aqueous solutions of 2,4 Dichlorophenoxyacetic acid. A. J. Botany, 36: 170-75, 1949.
- UNRAU, J. & LARTER, E.N. Cytogenetical responses of cereals to 2,4-D. Can J. Botany, 30: 22-7, 1952.
- WEBSTER, J. M. & LOWE, D. The effect of the syntetic plant-growth substance 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid, on the host-parasite relationships of some plant-parasitic nematodes in monoxenic callus culture. Parasitology, 56: 313-22, 1966.
- YOCKIN, R. S.; ISENSEE, A. R.; WALKER, E. A. - Behavior of Trifluralin in aquatic model ecosystem. Bull. Environm. Contam. Toxicol., 24: 124-41, 1980.

PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

Gabriel Murgel Branco¹
Alfred Szwarc²

RESUMO - A poluição do ar no Brasil já assume grandes proporções, como nos países desenvolvidos. Ao contrário dos demais países em desenvolvimento, o Proconve - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores foi estabelecido neste país, a nível federal, apoiado nas metodologias de ensaio mais modernas e limites de emissão gradativamente mais restritivos. Utilizou-se a experiência norte-americana na maior parte do programa, bem como alguns conceitos europeus, ambos adaptados à realidade brasileira, especialmente ao uso do álcool como combustível automotivo. Este trabalho descreve a caracterização do problema da atmosfera, a filosofia e a metodologia empregadas no programa.

ABSTRACT - The air pollution in Brazil has already reached high levels, as in the developed countries. Differently from the other developed countries, the Proconve - Air Pollution Control Program for Automotive Vehicles has been established nationwide in this country, based on the most modern methodologies and gradually stringent emission limits. It has been adopted the USA experience in most of the program, as well as some European concepts, both adapted to the Brazilian case, specially regarding to the automotive use of ethanol fuel. This paper describes the air pollution characterization and the program philosophy and methodology.

INTRODUÇÃO

Já no início do século, o ilustre Oswald de Andrade dizia que "a era da máquina traz no seu bojo a única liberdade a que o homem seriamente aspira, a de se libertar da natureza pela técnica, a de se tornar senhor e não escravo da máquina". Com o tempo, foi-se percebendo que algo de errado existia nisso e já se lê em livros sobre o meio ambiente que "antigamente pensava-se que a atmosfera fosse ilimitada e capaz de absorver os despejos gasosos nela lançados". Hoje, sabe-se que, infelizmente, isso não é verdade, ou seja, a atmosfera não é aquele "mar" que pode absorver os despejos gasosos em qualquer quantidade.

E assim, no anseio pela liberdade, o homem está sendo novamente tolhido, agora pela poluição causada pelas máquinas, que ainda não trouxeram a liberdade completa. É preciso efetivamente cuidar do projeto e da utilização dessas máquinas para que elas não venham a criar outros transtornos, cerceando a própria liberdade do ser humano.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

São vários os poluentes do ar que já estão em concentrações acima dos padrões recomendados para a garantia da qualidade do ar nos grandes centros urbanos, especialmente na RMSP - Região Metropolitana de São Paulo, como mostrado na Tabela 1.

Tais poluentes são o monóxido de carbono (CO), o material particulado (MP), o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de nitrogênio (NO_x), os hidrocarbonetos (HC) e, como decorrência de uma reação fotoquímica que se dá na atmosfera

quando existe a ação da luz solar intensa, o ozona (O₃), que é um subproduto de reações entre os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos. O chumbo já chegou a fazer parte desse quadro em 1978, quando ultrapassava o padrão de qualidade do ar (1,5 g/m³), porém hoje ele está reduzido à quinta parte do limite máximo aceitável, devido ao uso do álcool como combustível automotivo. Portanto, é um problema que, do ponto de vista de meio ambiente, está a nível bastante satisfatório. Evidentemente, reduzir é sempre bom, porém isto não constitui uma preocupação que contenha a mesma prioridade que as demais.

Ainda com relação à Tabela 1, tem-se, na segunda coluna, os índices admissíveis recomendados, que são os padrões de qualidade do ar, fixados em lei ou através de resoluções, ou ainda de indicações da Organização Mundial de Saúde ou de outros Órgãos internacionais. As condições de medida, que são importantes para a forma de avaliação, estão na terceira coluna e, na quarta, aparecem os valores dos segundos máximos atingidos na RMSP a partir de 1981.

Na quinta coluna, podem ser observadas as porcentagens da redução global da concentração dos poluentes na atmosfera, necessárias ao restabelecimento da qualidade do ar na região. Ressalte-se que esses números deverão ser mais severos ainda quando considerados como porcentual de redução necessária nas emissões, para compensar a impossibilidade de se controlar todas as fontes de poluentes.

Note-se que as concentrações de hidrocarbonetos na RMSP são quase 20 vezes maiores que o admissível. Considerando que estas são as mesmas que ocorrem na região do complexo industrial de Cubatão (litoral paulista), salienta-se que tudo se passa como se existissem refinarias de petróleo distribuídas ao longo da cidade de São Paulo.

Uma vez detectados os problemas da atmosfera e a sua gravidade, o inventário de todas as fontes de poluição do ar da região mostra quais são as contribuições percentuais de cada tipo de fonte (ver Tabela 2).

¹ Engenheiro da CETESB

² Engenheiro da CETESB e Mestre em Engenharia

TABELA 1 - Padrões e Concentrações de Poluentes na Atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo (após 1981)

Poluentes	Índices Admissíveis Recomendados	Condições	Valores Máximos Atingidos	Redução Global Necessária(%)
Monóxido de Carbono (CO)	9 ppm 35 ppm	média de 8 horas ¹ máxima diária ¹	26 ppm ND	65
Material Particulado (MP) (poeira em suspensão)	80 µg/m ³ 240 µg/m ³	média geométrica anual máxima diária ¹	140 µg/m ³ 540 µg/m ³	55
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	80 µg/m ³ 365 µg/m ³	média anual máxima diária ¹	150 µg/m ³ 330 µg/m ³	47
Óxido de Nitrogênio (NO)	100 µg/m ³	média anual	160 µg/m ³	38
Hidrocarbonetos (HC)	0,24 ppm	média anual média no período de 6:00 às 9:00h	3 ppm 4 ppm	94
Ozona (O ₃)	82 ppb	máxima horária ¹	226 ppb	64

¹Não deve ser excedido mais que uma vez por ano.

Obs.: ppm = partes por milhão em volume

ppb = partes por bilhão em volume

µg/m³ = microgramas de poluentes por metro cúbico de ar

TABELA 2 - Contribuição Relativa das Fontes para os Problemas de Poluição do Ar - 1981 - (%)

Fontes	Poluentes				
	CO	HC	NOx	SO ₂	Particulados
VEÍCULOS					
escapamento(veic.leves)	84	40	18	3	7
escapamento(veic.pesados)	11	9	71	23	11
escapamento (motos)	1	2	-	-	-
emissão evaporativa	-	14	-	-	-
emissão do cárter	-	15	-	-	-
pneus	-	-	-	-	6
abastecimento de gasolina					
oper.de proc.industriais	-	3	-	-	-
queima ao ar livre	2	13	10	74	64
	2	4	1	-	12
Total	100	100	100	100	100

A Figura 1 mostra a comparação entre a porcentagem de redução global necessária (quinta coluna da Tabela 3) e as contribuições percentuais das fontes, o que determina a abrangência do programa de controle.

Desta forma, pode-se concluir que, a nível geral de poluição, programas de controle veicular devem ser implantados para a redução dos níveis de CO, HC e NOx, enquanto que para MP e SO₂ os programas devem ser industriais, o que já está sendo feito pela CETESB há vários anos com excelente resultado, especialmente em SO₂.

É importante lembrar que em alguns locais específicos, como nos corredores de tráfego, providências mais energéticas devem ser tomadas em razão da maior gravidade do problema nesses locais. Além disso, é importante lembrar que a parcela de MP emitida pelos veículos é lançada na atmosfera na altura da camada respirável pela população, enquanto que as chaminés industriais o fazem em cotas muito mais elevadas. Por isso, a participação de 11% dos veículos no total de MP, como indica o inventário, é subestimada e deve ser utilizada com cautela. Análises da constituição das partículas coletadas nos amostradores da CETESB indicaram que a contribuição dos veículos diesel eleva-se a mais de 25% do total de MP ao nível das ruas. Mais 5% são provenientes de veículos a gasolina, além de 45% que são partículas ressuspenso pelo vento, tráfego etc., fato este que é fortemente agravado pela minúscula dimensão das partículas e a alta toxicidade dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, que são adsorvidos e transportados pelas partículas de fuligem para o interior dos pulmões.

Por estes motivos, o Proconve abrange também o controle de material particulado emitido pelos motores Diesel, através do limite da opacidade da fumaça.

Outros poluentes importantes são considerados no Proconve, porém com algumas indefinições e com prazos mais dilatados. São os compostos orgânicos oxigenados, subprodutos da combustão do álcool, cujos efeitos na atmosfera ainda não estão muito bem caracterizados, sendo ainda objeto de pesquisas, tanto em seus efeitos quanto no campo da metodologia de identificação e medição. Neste campo, o Proconve está presente, porém no sentido de forçar o desenvolvimento tecnológico mencionado para prevenir os problemas futuros decorrentes do uso do álcool.

AS PROPOSTAS DE CONTROLE

Diante da caracterização do problema da poluição atmosférica descrita, a CETESB apresentou uma proposta de programa de controle de poluição do ar através de exigências, por ocasião da fabricação de veículos e motores, a qual foi aprovada pelo Governador do Estado de São Paulo e encaminhada ao Presidente da República, para análise, discussão e aprovação no Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente. A nível federal, o programa foi discutido em um grupo de trabalho constituído pela STI - Secretaria de Tecnologia Industrial, Sema - Secretaria Especial do Meio Ambiente, Anfavea - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, CNP - Conselho Nacional do Petróleo e

TABELA 3 - Limites de Emissão no Gás de Escape de Veículos Leves a Álcool e Gasolina

Data	Frota Comercializada	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CO(M.L) (%)	Redução Percentual		
						HC	NOx	CO(M.L)
01-06-88	Modelos Novos							
01-01-89	50% dos veículos comercializados, no mínimo							
01-01-90	Todos veículos, com exceção dos não derivados de automóveis	24,0	2,1	2,0	3,0			
01-01-92	Veículos não derivados de automóveis							
01-01-92	Todos veículos, com exceção dos não derivados de automóveis	12,0	1,2	1,4	2,5	40	30	17
01-01-97	Todos os veículos	2,0	0,3	0,6	0,5	85	70	83

Geipot - Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes. As diversas modificações e inclusões que o enriqueceram, aumentaram a sua viabilidade ao preço de um atraso de seus efeitos, limitado a três anos no máximo, em relação à proposta inicial da CETESB, mantendo-se sempre a mesma tendência na evolução do controle da poluição ao longo do tempo. Nessa oportunidade, o programa foi desdobrado em dois, criando-se também o Provem - Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores: Emissões, a cargo da STI e do Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

O programa brasileiro de controle de poluição veicular, constituído portanto pelo Proconve e pelo Provem, segue os passos dos melhores programas dos países mais desenvolvidos. Ele incorpora a metodologia norte-americana para a medição dos gases (CO, CO₂, HC e NOx), a metodologia europeia para a medição de fumaça em motores diesel e um procedimento misto na certificação de qualidade industrial, naturalmente adaptados às condições e necessidades brasileiras. As exigências do Proconve, além de estarem previstas em prazos factíveis no Brasil, são calcadas no estágio tecnológico brasileiro atual e nas experiências estrangeiras, já comprovadas 15 anos antes das datas-limite fixadas.

O parâmetro básico para a tomada de decisões sobre as datas e limites máximos de emissão foi a "eficácia da proposta", que é a relação entre os efeitos de uma dada exigência e a continuidade da situação atual com tecnologia de 1985, ambos calculados igualmente com os mesmos cenários de evolução da frota de veículos, numa previsão de inventário até o ano 2000. A Figura 2 mostra as curvas de eficácia para os controles de CO, HC e NOx, obtidas do estudo de dez cenários de crescimento da frota e comercialização de veículos.

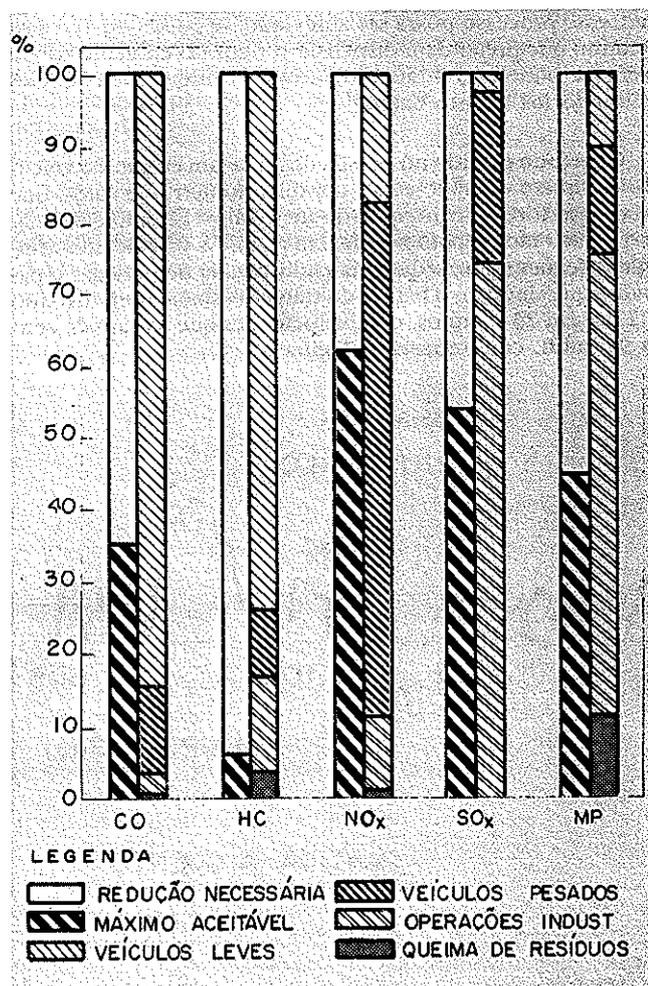


FIGURA 1 - Comparação entre Redução Global de Emissões e Contribuições Relativas das Fontes de Poluição do Ar

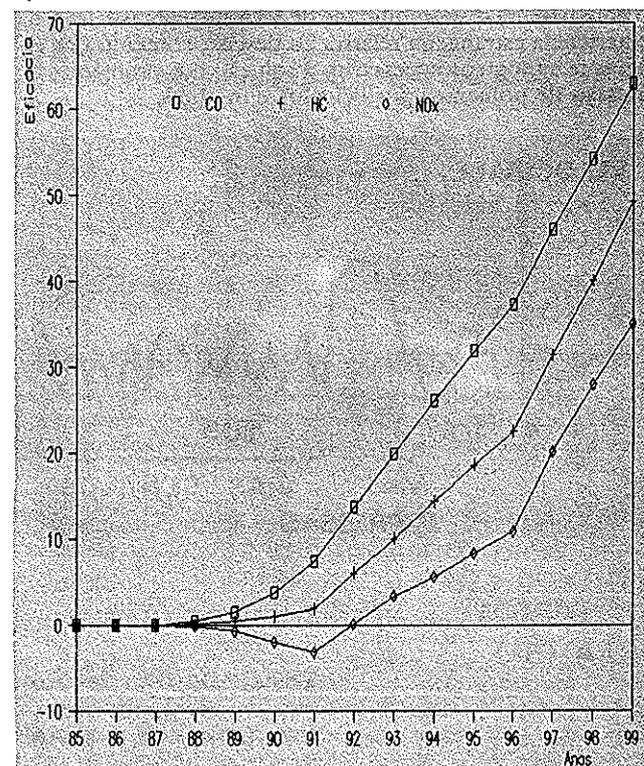


FIGURA 2 - Eficácia do Controle de CO, HC e NOx para Veículos Leves através do Proconve

É importante salientar que este programa é, por natureza, de efeito lento, visto que a redução das concentrações de poluentes na atmosfera só ocorrerá quando os veículos atuais saírem de circulação, sendo substituídos por veículos menos poluidores. Esse comportamento depende da população e do mercado de veículos usados, demorando 12 anos em média.

Além disso, as modificações nos projetos dos veículos só poderão ser feitas em prazos de alguns anos - maiores ou menores em função de sua profundidade - dependendo também da instalação dos laboratórios para os ensaios de emissão em veículos e motores.

Para os carros atualmente em uso, é impossível aplicar tal programa, pois não seria viável exigir que a população modificasse ou reprojete os seus veículos, restando para esse caso apenas o recurso das campanhas de conscientização pública para a sua utilização e manutenção adequadas, ou o controle através de modificações do tráfego urbano.

A garantia de qualidade da produção de veículos e motores é obtida de várias formas complementares: através da certificação do protótipo, para garantir o êxito do projeto, ocasião em que será verificada a durabilidade; pela certificação de unidades periodicamente retiradas da linha de produção, para garantir a conformidade desta com o projeto; e com a apresentação de relatórios semestrais do controle de qualidade feito por métodos próprios do fabricante, para reduzir o número (e o custo) dos ensaios de conformidade.

A fiscalização poderá ser realizada através de amostragens de veículos da frota em circulação. Está previsto o recolhimento e reparo, pelo fabricante, do lote de veículos em desconformidade, identificado pela fiscalização ou pelo processo de certificação de conformidade da produção.

A conscientização da população faz parte do programa, o qual exige divulgação obrigatória das especificações e recomendações do fabricante para o controle de emissões, através dos manuais do proprietário e de serviços, da propaganda e de adesivos colados no veículo.

A FILOSOFIA DO PROCONVE

A filosofia do Proconve está apoiada em cinco pontos principais: metodologia de ensaios, escalonamento dos limites máximos de emissão, garantia de qualidade da produção de veículos e motores, fiscalização e, finalmente, conscientização da população.

A metodologia de ensaios empregada é, sempre que possível, a mais moderna. Os escalonamentos das exigências são feitos através dos limites exigidos e de suas datas de implantação, de modo a permitir o aprimoramento e a severidade crescente do programa até onde for necessário, sem necessidade de reformular os métodos de ensaio e, conseqüentemente, os laboratórios durante a evolução do processo, como está ocorrendo hoje na Europa.

O escalonamento dos limites máximos de emissão foi feito com base na disponibilidade de tecnologia brasileira e na experiência estrangeira relativa ao desenvolvimento dos estágios tecnológicos necessários à solução dos problemas de emissão de poluentes por veículos e motores.

METODOLOGIA DE ENSAIOS

As formas prescritas para os ensaios para medir gases de escapamento e evaporação de combustível em veículos leves (até 2.800 kg) constituem a metodologia mais moderna existente, utilizada nos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Suécia, Suíça e, agora, no Brasil. A Comunidade Européia pretende adotá-la, porém enfrenta o problema de ter todo um sistema laboratorial já instalado e inadequado para isso. Talvez esse processo possa ser abreviado, se países do Terceiro Mundo que pretendam dispensar o rigor do controle adotarem (se puderem) o método europeu e adquirirem aqueles laboratórios a custo baixo.

O método exigido no Brasil consta de um ensaio do veículo completo operado sobre um dinamômetro de rolos, que simula as forças de inércia e de atrito que o veículo enfrentaria no seu movimento normal em pista. As velocidades atingidas seguem uma seqüência padronizada de partidas e paradas que simulam o hábito do trânsito urbano, percorrendo 12 km em 23 minutos, com velocidades que variam de zero a 91 km/h, como mostra a Figura 3.

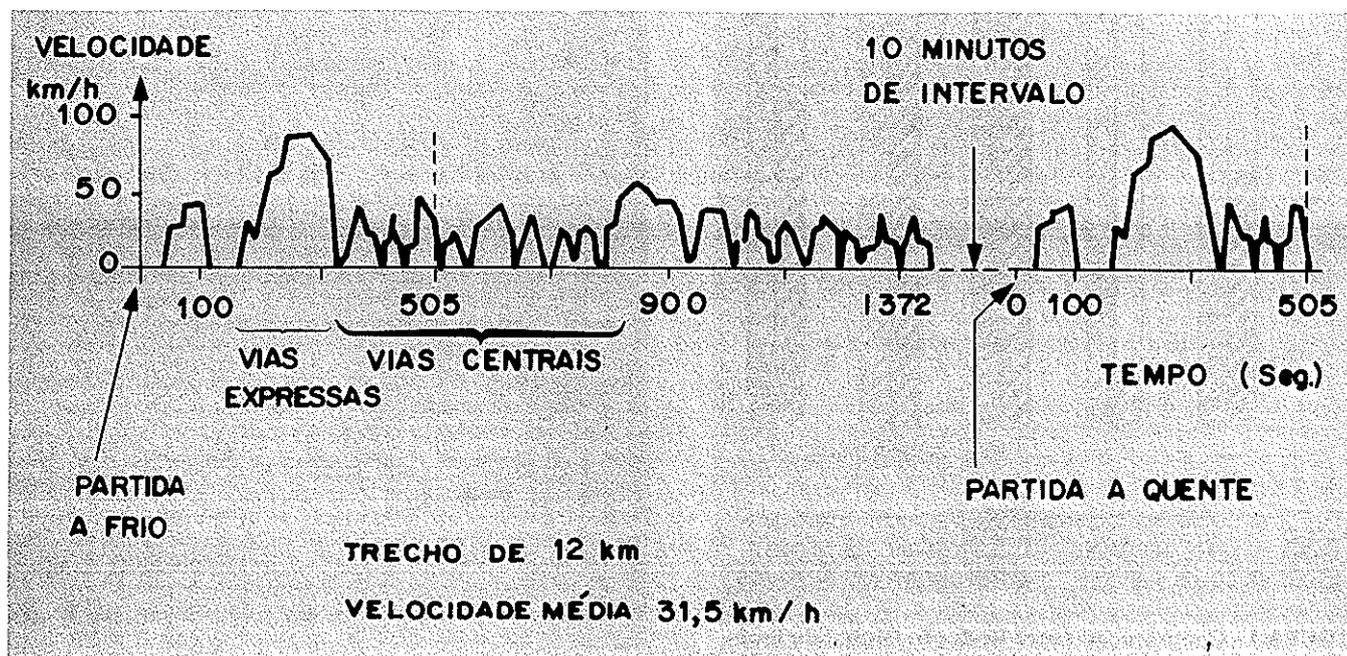


FIGURA 3 - Ciclo de Condução Urbana

Enquanto isso, os gases de escapamento são coletados e analisados em termos de CO, HC, NOx e CO₂. A medição do consumo de combustível também é realizada volumétrica ou gravimetricamente, o que serve para comprovar a exatidão do ensaio através do balanço químico de carbono.

Para a quantificação do combustível evaporado proveniente de respiros e conexões, o veículo é colocado numa câmara hermeticamente fechada, onde é monitorada a concentração de hidrocarbonetos no ar interno.

Para os veículos pesados, optou-se pelo ensaio apenas dos motores, como foi utilizado nos Estados Unidos até 1984, para a medição de gases emitidos pelo escapamento, além da medição do índice de fumaça, segundo a metodologia européia. Tais métodos prescrevem medições em regimes de velocidade angular constante, realizadas em dinamômetros mais simples, já em uso no Brasil pela maioria dos fabricantes. Isso baixa sensivelmente o investimento em laboratórios, já que é necessária apenas a complementação daqueles existentes com os equipamentos para a medição de gases e o condicionamento do ambiente para uma temperatura entre 20°C e 30°C.

A determinação das emissões de CO, HC e NOx é feita em vários regimes de funcionamento (13 para os motores Diesel e nove para os motores Otto), ponderando-se os resultados com fatores de utilização previamente normatizados.

A emissão de fuligem é feita em cinco velocidades diferentes, com o motor a plena carga. O limite de opacidade é função do volume de gases expelido.

O Proconve prevê ainda a medição de aldeídos pelo método MBTH (Metil Benzeno Tiazona Hidrazona) e outros compostos orgânicos (etanol, ácido acético, ésteres etc.), cujos métodos ainda estão sendo desenvolvidos. Estão sendo pesquisadas as respectivas necessidades de controle e seus limites máximos.

Além disso, foram desenvolvidos métodos de ensaio complementares e especificações de combustíveis-padrão para ensaios de emissão. Eles foram fixados em norma brasileira para a formação de um conjunto normativo adequado, que deverá estar em constante evolução.

OS LIMITES EXIGIDOS E A SITUAÇÃO TECNOLÓGICA NO BRASIL

A sequência de exigências para veículos leves está mostrada na Tabela 3. Tais exigências significam a imposição de um controle de qualidade de produção num primeiro estágio para a maioria dos veículos brasileiros, que já são capazes de atender aos limites fixados. Esta fase, iniciada em 1988, corresponde ao nível dos Estados Unidos em 1974.

No segundo estágio, que terá início em 1992, a maioria dos modelos brasileiros necessitará de modificações de projeto, onde várias opções são possíveis - como a melhoria das câmaras de combustão, dos sistemas de alimentação de combustível e de ignição, da transmissão, da aerodinâmica do veículo etc. - e onde talvez seja necessária a aplicação da injeção eletrônica de combustível para alguns motores, podendo, porém, ser dispensável o uso de catalisadores no tubo

de descarga. Alguns veículos brasileiros, os "modelos mundiais", já estão bastante próximos deste estágio sem qualquer requinte tecnológico especial (eletrônica, catalisador etc.). Esta fase corresponde a um nível de 20% a 30% mais tolerante que aquele vigente nos Estados Unidos em 1977 e na Suíça em 1986.

Finalmente, será exigido o nível tecnológico imposto nos Estados Unidos desde 1983, que é semelhante ao japonês, fixado em 1979. À luz dos conhecimentos atuais, isto significa que a melhor tecnologia conhecida internacionalmente é fixada como meta do programa brasileiro para ser implantada no prazo de 11 anos.

Quanto às exigências de controle das emissões evaporativas de combustível e de gases do cárter, foram fixados os primeiros passos dados pela legislação norte-americana, que promovem uma redução drástica destas emissões com a colocação de dispositivos relativamente simples e baratos.

No tocante ao problema dos veículos Diesel, o Proconve fixou o limite da emissão de fuligem pelo escapamento, onde, ao invés de seguir-se os passos da legislação norte-americana, que é dispendiosa, optou-se pela linha européia.

A fórmula $c = k/\sqrt{G}$ fornece a concentração carbônica em gramas por metro cúbico, a partir da vazão de gases "G" em litros por minuto e de um coeficiente "k" fixado na resolução. Os seus limites fixados foram 2,5 para ônibus urbanos em outubro de 1987, e para os demais motores em janeiro de 1989, prevendo-se também a evolução para 2 em data ainda indeterminada. Vale lembrar que este coeficiente está hoje em torno de 3 a 4 no Brasil, sendo 2,3 na Comunidade Européia e 2 na Inglaterra.

Ainda para os motores pesados, o Proconve fixou os métodos de ensaio para a determinação de gases de escapamento, obrigando ao fornecimento de relatórios sobre os motores em produção, que são os subsídios técnicos para a fixação de limites máximos até 31/12/1988. Neste período, o país fará o desenvolvimento dos métodos de trabalho e implantará os laboratórios necessários.

CONCLUSÃO

Ao estabelecerem o plano completo de ações, no sentido de controlar as emissões veiculares, escalonando-as em estágios bem definidos, o Proconve e o Provem direcionaram o país para as opções tecnológicas mais modernas e econômicas que incentivam a melhoria da qualidade dos veículos brasileiros. Isso, sem fixar uma determinada linha tecnológica, para não inibir qualquer inovação ou mesmo a utilização da solução mais adequada em cada caso.

O sucesso deste programa, além de trazer o benefício da melhoria da qualidade do ar, colocará o Brasil entre os países mais desenvolvidos no setor automobilístico, atestando a capacidade dos nossos técnicos e do nosso parque industrial.

Oswald de Andrade estava certo ao dizer que o homem deve ser o senhor da máquina. Mas esse ideal deve ser realizado levando em conta a máxima de Bacon, segundo o qual "não se vence a natureza senão quando se lhe obedece". Se o meio ambiente não for respeitado, a máquina pode tornar-se inviável!

BIOENSAIOS: UM PROGRAMA A SERVIÇO DO CONTROLE DA POLUIÇÃO RESULTADOS INICIAIS

Denise Navas Pereira¹
Elenita Gherardi-Goldstein¹
Pedro Antonio Zagatto¹
Roberto Sassi²

RESUMO - Este trabalho consiste na apresentação e discussão dos resultados dos ensaios biológicos realizados com organismos aquáticos frente a diferentes grupos de agentes tóxicos comuns no ambiente, tais como metais pesados, pesticidas, efluentes industriais e outros. Para cada agente tóxico testado, foi determinada a concentração que causa 50% de letalidade aos organismos-teste. Constatam deste trabalho breves considerações sobre bioensaios em geral, tipos, finalidades e importância, bem como algumas recomendações quanto à sua aplicabilidade.

ABSTRACT - Results of bioassays using aquatic organisms to evaluate different toxic substances are presented and discussed. These substances are common in the environment, as heavy metals, pesticides, industrial effluents and others. CL₅₀ were established for each toxicant. General comments on bioassays, their diversity, objectives and relevance are done, together with recommendations concerning their applicability.

INTRODUÇÃO

As modificações ambientais decorrentes da atividade humana podem resultar em mudanças na estrutura e dinâmica de um ecossistema. Tais mudanças são devidas principalmente à remoção direta ou introdução de elementos biológicos ou pelo efeito indireto de modificações no ambiente físico (não biológico) que resultam em mudanças no fluxo de energia num sistema natural.

Um ecossistema modificado responde ao "stress" pelo ajustamento do equilíbrio dinâmico entre seus componentes, permitindo uma resposta compensatória a flutuações normais de fatores físico-químicos e biológicos. Dependendo da natureza e extensão de uma mudança particular, um sistema pode reagir para estabelecer um novo equilíbrio ou restabelecer o anterior. A fim de prever ou controlar tais modificações, é necessário monitorar o ecossistema, possibilitando assim a detecção de mudanças antes que atinjam condições irreversíveis.

Uma das várias maneiras de se medir mudanças ambientais é através de ensaios biológicos ou bioensaios (ISO, 1975; APHA, 1975; EPA, 1975). Os organismos aquáticos são indicadores sensíveis da qualidade da água. Assim, nada mais sensato do que utilizá-los como um instrumento no controle da poluição das águas, que tem por finalidade principal a manutenção da vida em todas as suas formas, níveis e manifestações.

Há muito que os bioensaios vêm sendo utilizados neste campo, e sua importância cresce à medida que se reconhece seu valor e a possibilidade de sua utilização em diversos tipos de estudos. Através desta técnica de trabalho é possível avaliar:

- a) a toxicidade relativa de diferentes efluentes ou substâncias sobre uma determinada espécie ou um número de espécies;
- b) a sensibilidade ou resistência relativa de organismos aquáticos frente a um efluente ou substância tóxica;
- c) a qualidade da água necessária à vida aquática;
- d) o grau de tratamento necessário a um efluente para que preencha os requisitos determinados por órgãos de controle de poluição das águas;
- e) a eficiência de diferentes métodos de tratamento de efluentes;
- f) a concentração máxima permissível de agentes químicos e efluentes líquidos industriais, tratados ou não, em um corpo receptor;
- g) concentrações e níveis favoráveis e desfavoráveis de fatores ambientais - tais como pH, temperatura, salinidade, turbidez, teor de oxigênio dissolvido, luminosidade - adequados à vida aquática, e a toxicidade de agentes tóxicos em função desses fatores;
- h) a toxicidade de um efluente líquido industrial como um todo, toxicidade essa proveniente das interações entre as diversas substâncias presentes nesse efluente.

Vários tipos de bioensaios podem ser realizados para atender a todos esses propósitos. Pode-se estudar os efeitos tóxicos agudo e crônico de efluentes, agentes físicos e químicos

¹ Biólogos da CETESB

² Professor Assistente-Doutor da Universidade Federal da Paraíba

sobre os organismos. Em geral o efeito agudo cessa após quatro dias (Sprague, 1969) e o teste realizado durante esse período pode ser estático, de fluxo contínuo ou com renovação periódica da solução. Quando se pretende verificar o efeito crônico, os testes podem ser de fluxo contínuo ou renovação periódica. Quanto aos efeitos da substância-teste sobre os organismos, estes podem ser medidos através das respostas dos organismos, avaliando-se assim os efeitos letais e subletais de um determinado contaminante ambiental.

Em ensaios biológicos a curto prazo, determina-se a CL_{50} , ou seja, a concentração letal a 50% dos organismos em um determinado período de exposição: CL_{50} em 24 horas; CL_{50} 72 horas; CL_{50} 96 horas.

As alterações específicas de comportamento ou efeitos subletais (perda de equilíbrio, paralisia, deformidades etc.) podem ser expressas como concentração efetiva (CE_{50}) que causa alteração em uma determinada porcentagem de organismos-teste. Deve-se indicar o tempo de exposição ao agente tóxico e a porcentagem de organismos afetados.

Através de ensaios biológicos crônicos ou de longo período de exposição, abrangendo pelo menos parte do ciclo de vida do organismo-teste ou mesmo exposição com uma ou duas gerações de organismos, é possível estabelecer a concentração segura ou máxima permitida (CMP) de um determinado agente tóxico para o ambiente. Conforme o organismo envolvido, o experimento pode ter a duração de dias, meses, e até um ano ou mais.

Devido ao seu maior significado ecológico, à facilidade de execução, ao baixo custo relativo e à rapidez de obtenção de resultados, alguns países desenvolvidos estabeleceram critérios de aceitabilidade de risco que permitem extrapolar resultados de ensaios biológicos de curta e longa duração para proteção e manutenção da vida aquática (concentrações seguras a organismos em longo tempo de exposição).

Assim, tendo em vista a importância e aplicação dos ensaios biológicos, foi iniciada em 1977 a implantação de um laboratório, na CETESB, com essa finalidade. O presente trabalho é o resultado do estudo inicial, desenvolvido durante esse primeiro ano, contendo a metodologia utilizada e os resultados dos testes efetuados (CETESB, 1977a, b, c).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os bioensaios devem ser realizados sob condições ambientais controladas, o que exige, portanto, uma série de equipamentos como ar condicionado, banhos-maria, câmaras incubadoras, termostatos, aquecedores e termômetros, para manutenção de temperatura adequada; equipamentos para controle de fotoperíodo e luxímetro, para medição de intensidade luminosa; bombas aeradoras ou ar comprimido para manutenção de nível adequado de oxigênio dissolvido; bideionizador ou destilador de água; potenciômetro; condutivímetro e série de sais nutrientes para preparo e controle de água padrão para manutenção dos organismos-teste; aquários de vários tamanhos; vidraria adequada e acessórios que não liberem substâncias tóxicas.

A realização dos bioensaios envolve controle de vários parâmetros, havendo necessidade de se dispor das substâncias-teste, possibilidade de análise química dessas substâncias, disponibilidade de número suficiente de organismos e alimentação adequada.

Todos os organismos a serem utilizados em bioensaios devem ser primeiramente aclimatados no mínimo por quatro dias à temperatura de $23,5 \pm 1^\circ C$ em água padronizada. Os peixes, eventualmente adquiridos no comércio, são colocados em aquários de manutenção com a água original, sendo realizada uma passagem gradual desta água para a padronizada. O mesmo ocorre com os peixes coletados diretamente do corpo d'água. A água de origem é misturada com a padronizada até que se possa transferir todos os organismos para aquários contendo apenas este tipo de água. As condições de manutenção são as mais adequadas possíveis: aeração, luz, água de boa qualidade e temperatura controlada. Os peixes

devem estar em contínua observação, devendo-se evitar choques térmicos, responsáveis por maior susceptibilidade a doenças e até morte dos organismos.

A utilização dos peixes em bioensaios exige que sejam removidos dos aquários de manutenção para os de aclimação 48 horas antes do bioensaio. Neste período não são alimentados, sendo realizado um controle das condições morfológicas externas e do comportamento dos peixes, bem como das características físico-químicas da água: temperatura, condutividade, pH e teor de oxigênio dissolvido.

Testes de Toxicidade

Os testes estáticos preliminares foram realizados de acordo com o método padronizado pela ISO (1975). Com 24 horas de duração, têm caráter exploratório, isto é, determinam a faixa de concentrações em que a substância tóxica será testada nos ensaios definitivos.

Os testes estáticos definitivos são frequentemente realizados com organismos do fitoplâncton ou do zooplâncton, podendo ter duração de 24, 48 ou 96 horas, dependendo do método utilizado.

Os bioensaios de fluxo contínuo (ISO, 1975) são utilizados em testes de curta e longa duração, para a determinação da toxicidade aguda e crônica de substâncias tóxicas ou efluentes.

Entre os vários motivos pelos quais este tipo de bioensaio foi desenvolvido, destacam-se: eliminação dos excretas dos organismos durante o período de teste, manutenção da concentração da substância tóxica e oxigênio dissolvido, e eliminação dos restos alimentares quando os testes são de longa duração.

No laboratório da CETESB, os organismos testados - em número de dez para cada concentração - são colocados em frascos de vidro neutro com um litro de capacidade. A vazão da solução-teste é de um litro por hora.

As soluções-teste são preparadas diariamente a partir de soluções-estoque e são armazenadas em frascos tipo "mariotte" com capacidade para 45 a 48 litros. Destes frascos, a solução flui por gravidade para os frascos com os organismos, e o fluxo é controlado através de pinças de Mohr colocadas em tubos de "silastic". Os balões-teste são mantidos em banho-maria a $23,5 \pm 0,5^\circ C$. São realizadas determinações do teor de oxigênio dissolvido, pH e análise da substância em teste. O acompanhamento do bioensaio é mais intenso no seu início, com maior número de observações no primeiro dia. Os organismos mortos são retirados dos frascos ao longo do experimento, pesados e medidos.

RESULTADOS

Os resultados dos testes estáticos com invertebrados e os dos testes de fluxo contínuo com peixes estão expressos nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 - Resultados dos Testes Estáticos Definitivos com Invertebrados

Organismo teste	Substância teste	CL_{50} 96 horas
Copépodos	Detergente ODD (ml/l)	0,2321 0,0156 ⁽¹⁾
Copépodos	Detergente Extran (ml/l)	0,225
Copépodos	ZnSO ₄ ·7H ₂ O (mg/l em Zn)	35,6 ⁽¹⁾
Ostrácodos	Detergente Extran (ml/l)	0,175

⁽¹⁾Teste definitivo de fluxo contínuo.

TABELA 2 - Resultados dos Testes Definitivos de Fluxo Contínuo

Organismo teste	Substância teste	CL ₅₀ mg/l			
		24 h	48 h	72 h	96 h
B. rerio ⁽¹⁾	CuSO ₄ ·5H ₂ O em Cu	4,33	0,42	0,377	0,371
		1,10	0,11	0,09	0,09
B. rerio	ZnSO ₄ ·7H ₂ O em Zn	109,1	104,8	97,2	93,5
		24,82	23,84	22,11	21,27
B. rerio	NH ₄ Cl em N em NH ₃ não ionizada	353,5	309,0	287,5	268,5
		92,58	80,92	75,29	70,32
B. rerio	Fenol	27,40	22,0	20,86	20,86
B. rerio	Malathion Nortox 50 E	22,12	21,44	21,44	20,77
B. rerio	Detergente ODD ⁽²⁾	0,052	0,035	0,030	0,030
B. rerio	Dipterex 80%	576,0	129,0	80,8	80,8
B. rerio	DDT grau técnico	0,0215	0,0175	0,0154	0,0117
B. rerio	Efluente de ind.papel ⁽²⁾	205,0	89,5	89,5	89,5
B. rerio	Efluente de galvanopl. ⁽²⁾	14,6	13,7	13,45	13,2
P. reticulata	CuSO ₄ ·5H ₂ O em Cu	4,95	1,98	0,57	0,31
		1,26	0,50	0,14	0,08
P. reticulata	ZnSO ₄ ·7H ₂ O em Zn	147,0	127,0	123,6	123,6
		33,44	28,89	28,12	28,12
P. reticulata	NH ₄ Cl em N em NH ₃ não ionizada	526,0	495,5	495,5	418,5
		137,77	120,35	120,35	109,62
P. reticulata		3,1	6,292	2,92	2,47
P. reticulata	Fenol	57,5	43,8	39,5	31,1
P. reticulata	Malathion Nortox 50 E	1,13	0,72	0,44	0,44
P. reticulata ⁽¹⁾	DDT grau técnico	1,0896	0,1492	0,114	0,0049

⁽¹⁾ Resultados de dois testes; média final.⁽²⁾ Em ml/l.

DISCUSSÃO

A realização de bioensaios pelo método padronizado pela ISO possibilita que se obtenha uma indicação, dentro de uma ordem de grandeza, da concentração de uma substância que causa letalidade a peixes pelo seu efeito tóxico agudo. Esta técnica permite também comparar a toxicidade aguda de diferentes substâncias sob condições padronizadas de teste e portanto colocá-las em ordem relativa.

Os resultados obtidos e que constam deste trabalho já permitem que as substâncias testadas sejam colocadas em uma escala desse tipo. Assim, pelos resultados apresentados nos testes de fluxo contínuo com peixes, as substâncias testadas seriam colocadas na seguinte escala crescente de toxicidade, frente à *Brachydanio rerio* e à *Poecilia reticulata*: cloreto de amônia, sulfato de zinco, fenol, sulfato de cobre, o produto formulado Malathion e DDT.

Considerando a sensibilidade das duas espécies de peixes testadas (Tabela 3), verifica-se que *Brachydanio rerio* é bem mais resistente ao Malathion do que *Poecilia reticulata*, mas é mais sensível a fenol, cloreto de amônia e sulfato de zinco. Quanto ao sulfato de cobre, ambos os organismos têm sensibilidade semelhante. Considerando-se as substâncias testadas, o DDT apresentou a mais elevada toxicidade, e *Poecilia reticulata* foi o organismo mais sensível.

A comparação destes resultados com os encontrados em literatura nem sempre é possível ou fácil, devido às diferen-

ças das condições do teste, tais como tempo de exposição à droga, renovação da solução-teste, temperatura, espécie testada, natureza da substância-teste e características da água de diluição.

Com relação ao zinco, Skidmore (1964) publicou uma revisão referente à toxicidade desse metal a animais aquáticos, com ênfase em peixes. São analisados vários fatores que influenciam na toxicidade de compostos de zinco, bem como sua ação tóxica sobre os organismos. Em nenhum dos trabalhos por ele citados se utiliza *Brachydanio rerio* ou *Poecilia reticulata* como organismo-teste. As concentrações letais a 50% dos vários organismos testados após 96 horas variam de 0,43 mg/l a 12,5 mg/l em Zn. Pelos resultados encontrados neste trabalho, a CL₅₀ em 96 horas para *Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata* foi, respectivamente, de 21,26 mg/l e 28,10 mg/l em Zn.

Branco (1960) também realizou algumas experiências com zinco e cobre, motivado pela ocorrência periódica de morte de peixes mantidos em água de abastecimento e que não era devida à presença de cloro. O peixe utilizado foi guaru-guaru. Verificou-se que diferentes sais de Zn apresentam toxicidade diversa sobre a mesma espécie e que provavelmente a ação física da agitação da água contribui para uma maior eficiência de coagulação de substâncias protéicas nas brânquias, provocando mortandade em concentrações menores do que em águas paradas. Os exemplos citados foram 0,5 mg/l de sulfato de cobre (CuSO₄·5H₂O) e 5 mg/l de cloreto de zinco (Zn Cl₂), concentrações inócuas durante uma semana em águas

TABELA 3 - Comparação de Sensibilidade de *Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata* às Substâncias Testadas

Substância teste	Organismo teste	CL ₅₀ (mg/l)			
		24 h	48 h	72 h	96 h
CuSO ₄ ·5H ₂ O	B. rerio	4,33	0,42	0,377	0,371
	P. reticulata	4,95	1,98	0,57	0,31
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	B. rerio	109,1	104,8	97,2	93,5
	P. reticulata	147,6	127,0	123,6	123,6
NH ₄ Cl	B. rerio	353,5	309,0	287,5	268,5
	P. reticulata	526,0	495,5	495,5	418,5
Fenol	B. rerio	27,4	22,0	20,86	20,86
	P. reticulata	57,5	43,8	39,5	31,1
Malathion Nortox 50 E	B. rerio	22,12	21,44	21,44	20,77
	P. reticulata	1,13	0,72	0,44	0,44
DDT grau técnico	B. rerio	0,0215	0,0175	0,0154	0,0117
	P. reticulata	1,0896	0,1492	0,0114	0,0049

sem agitação mas que se tornam letais em poucas horas quando agitadas (18 a 24 horas). Nos experimentos ora realizados, embora os ensaios sejam de fluxo, esta agitação não ocorre.

Roales & Perlmutter (1974) expuseram embriões de *Brachydanio rerio* ao zinco, tendo determinado a CL₅₀ após 24, 48 e 72 horas através de bioensaios estáticos, sendo que os valores são, respectivamente, 6 714, 136 e 19 ppm. Os resultados para 24 e 48 horas parecem bastante diferentes perante os obtidos no presente trabalho, mas o de 96 horas é bastante próximo.

Ball (1967b) também avaliou a toxicidade do zinco utilizando soluções de sulfato de zinco (Zn SO₄·7H₂O). Determinou a CL₅₀ de 120 horas (5 dias) em zinco para as espécies: *Salmo gairdnerii* (truta) - 4,6 mg/l em Zn; *Perca fluviatilis* (perca) - 16,0 mg/l em Zn; *Rutilus rutilus* - 17,3 mg/l em Zn (CL₅₀ para 7 dias); *Gobio gobio* - 8,4 mg/l em Zn; e *Abramis brama* - 14,3 mg/l em Zn. Verificou que a truta é cinco a seis vezes mais sensível que as outras espécies. Embora seja difícil uma comparação, é possível que as espécies acima sejam mais sensíveis ao zinco do que as ora testadas (*Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata*).

Pickering & Henderson (1966) trabalharam, ao contrário de Ball, com espécies de peixes de águas quentes, testando vários metais: zinco, cobre, cádmio, níquel, chumbo e cromo. As espécies foram *Pimephales promelas*, *Lepomis macrochirus*, *Carassius auratus* e *Poecilia reticulata*. Dos metais, o cobre foi o mais tóxico a todas as espécies.

A comparação dos resultados obtidos para *Poecilia reticulata* com os de Pickering & Henderson (op. cit.) é apresentada na Tabela 4.

Observa-se que os resultados obtidos neste trabalho também indicaram maior toxicidade do cobre em relação ao zinco. Quanto às diferenças de CL₅₀ existentes, ao se comparar os resultados, estas podem ser devidas a uma série de fatores: os bioensaios por eles realizados foram estáticos e de acordo com as normas recomendadas pelo "Standard Methods ..." (APHA, 1960), enquanto que os ora efetuados seguiram as recomendações da ISO (1975). Quanto ao zinco, a diferença de resultados é marcante, sendo que as linhagens testadas por aqueles autores devem ser extremamente sensíveis. Deve-se levar em consideração também que, segundo Lloyd (1960), o zinco é menos tóxico em água contendo cloreto de cálcio em vez de bicarbonato de cálcio. A água padronizada utilizada nos testes ora efetuados contém cloreto de cálcio, e talvez por este motivo as CL₅₀ sejam mais elevadas do que as obtidas por Pickering & Henderson (1966). Outra explicação seria a resistência do lote, idade e condições fisiológicas comparáveis ou não, renovação de solução, e outras variáveis intrínsecas às condições de teste.

Outros experimentos com zinco, entre outros tóxicos, foram realizados com *Poecilia reticulata* por Crandall & Goodnight (1962), mas com concentrações subletais em testes a

TABELA 4 - Comparação dos Resultados Obtidos quanto à Toxicidade de Metais para *Poecilia reticulata*

Substância teste		CL ₅₀ (mg/l)		
		24 h	48 h	96 h
CuSO ₄ ·5H ₂ O (em Cu)	(a)	0,13	0,073	0,036
	(b)	1,26	0,50	0,08
ZnSO ₄ ·7H ₂ O (em Zn)	(a)	2,90	1,96	1,27
	(b)	33,44	28,89	28,12

(a) Por Pickering & Henderson (1966).

(b) No presente trabalho.

TABELA 5 - Toxicidade da Amônia (expressa como teor de amônia não ionizada) a Diversas Espécies de Peixes, em Diferentes Períodos de Exposição (seg. Ball, 1967a)

Espécie	CL ₅₀ (mg/l)	Tempo de exposição (h)
<i>Rutilus rutilus</i>	0,35	72
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,36	72
<i>Abramis brama</i>	0,41	48
<i>Salmo gairdnerii</i>	0,41	24

longo prazo. A concentração de zinco utilizada foi de 1,15 ppm em zinco, capaz de retardar o crescimento, maturidade sexual e afetar a taxa de mortalidade. Esta concentração é bastante baixa comparada à obtida no presente trabalho, em CL₅₀ 96 horas (28,10 mg/l em Zn).

Com relação à amônia, Ball (1967a) ressaltou a importância deste poluente em rios ingleses e estudou sua toxicidade frente a quatro espécies de peixes. As CL₅₀ representadas (Tabela 5) referem-se a diferentes períodos de exposição devido ao término da ação tóxica aguda da amônia para cada espécie. Apesar deste fato, o autor verificou que a toxicidade era aproximadamente igual às quatro espécies.

Quanto à *Brachydanio rerio* e à *Poecilia reticulata*, a CL₅₀ 96 horas de amônia não ionizada foi de 1,58 e 2,47 mg/l, respectivamente.

Através da análise comparativa dos resultados apresentados neste trabalho com os de Ball (1967a, b), verifica-se uma grande diferença entre os valores de CL₅₀. Essa diferença de resultados se deve principalmente às condições metodológicas, como por exemplo as espécies-teste, temperatura da água etc.

Comparando-se os resultados de CL₅₀ 96 horas das diferentes espécies a detergente, verifica-se que *Brachydanio rerio* foi mais sensível ao detergente ODD do que os copépo-

dos (Tabelas 1 e 2). Dos dois resultados dos testes com detergente ODD com copépodos, utilizando metodologias diferentes, verificou-se uma diferença significativa entre a CL₅₀ do teste de fluxo e a do teste estático definitivo. No teste de fluxo contínuo o detergente ODD foi cerca de dez vezes mais tóxico, devido à renovação contínua da solução-teste.

Entre os invertebrados, os ostrácodos demonstraram uma sensibilidade ligeiramente maior ao detergente Extran do que os copépodos, nas mesmas condições de teste (Tabela 1). Com relação ao zinco, os copépodos revelaram uma sensibilidade semelhante à de *Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata*, apesar de pouco menor (Tabela 1).

Com relação aos efluentes, verificou-se que o efluente da galvanoplastia foi cerca de sete vezes mais tóxico, a *Brachydanio rerio*, do que o efluente da indústria de papel (Tabela 2), demonstrando a necessidade de se estabelecer uma escala de toxicidade relativa, para efluentes de diferentes categorias industriais.

Pelo que se verifica nesta breve discussão sobre alguns dos resultados obtidos neste trabalho e aqueles encontrados na literatura, sente-se nitidamente a necessidade de se padronizar procedimentos e métodos, a fim de que se possa comparar resultados.

CONCLUSÕES

Determinou-se a toxicidade aguda (manifestada em geral durante 96 horas de exposição) das substâncias testadas frente à *Brachydanio rerio*, relacionadas a seguir em termos de CL₅₀ 96 horas:

Cloreto de Amônia (NH ₄ Cl)	268,5 mg/l
Sulfato de zinco (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	93,5 mg/l
Dipterex 80%	80,8 mg/l
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	20,86 mg/l
Malathion (Nortox)	20,77 mg/l
Sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O)	0,377 mg/l
Detergente ODD	30x10 ⁻³ ml/l
DDT (grau técnico)	11,7x10 ⁻³ mg/l
Efluentes - Indústria de papel	89,5 ml/l
- Galvanoplastia	13,20 ml/l

Determinou-se a toxicidade aguda das substâncias testadas frente à *Poecilia reticulata*, relacionadas a seguir em termos de CL₅₀ 96 horas:

Cloreto de amônia (NH ₄ Cl)	418,5 mg/l
Sulfato de zinco (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	123,6 mg/l
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	31,1 mg/l
Malathion (Nortox)	0,44 mg/l
Sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O)	0,31 mg/l
DDT (grau técnico)	4,9x10 ⁻³ mg/l

Foi verificada a toxicidade relativa destas substâncias, que estão dispostas acima em ordem crescente de toxicidade, sendo cloreto de amônia a menos tóxica para ambas as espécies, e o DDT a substância mais tóxica testada.

Quanto à sensibilidade relativa de *Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata*, pelos resultados obtidos verificou-se que o primeiro se mostrou mais sensível que o segundo frente a cloreto de amônia, sulfato de zinco e fenol, e relativamente mais resistente quando submetido à presença de Malathion, sulfato de cobre e DDT.

Os copépodos mostraram-se mais sensíveis à ação de sulfato de zinco do que *Brachydanio rerio* e *Poecilia reticulata*, pois a CL₅₀ 96 horas é de 35,6 mg/l, enquanto que para as duas espécies de peixes é de 93,5 mg/l e 123,6 mg/l, respectivamente.

Os ostrácodos e copépodos mostraram sensibilidade semelhante ao Extran, com CL₅₀ 96 horas respectivamente de 0,175 ml/l e 0,225 ml/l.

Pela mesma técnica de bioensaio, Extran e ODD apresentaram praticamente a mesma toxicidade aos copépodos, pois a CL₅₀ 96 horas foi respectivamente 0,225 ml/l e 0,232 ml/l.

RECOMENDAÇÕES

A técnica de bioensaios aplicada ao controle de poluição ambiental necessita ser divulgada e ampliada, no Brasil, devido à sua grande importância e significado.

Novos métodos precisam ser aplicados, tais como bioensaios, para avaliação de efeitos subletais com organismos regionais sensíveis, que devem ser estudados e adaptados para serem utilizados nestes testes.

Padrões de emissão de agentes químicos e efluentes líquidos industriais deveriam ser determinados através de bioensaios com organismos regionais, como já é feito em outros países, tais como Estados Unidos, Canadá e alguns países europeus, pois uma água imprópria à vida de peixes ou outros organismos aquáticos é sem dúvida inadequada a uma série de outros usos.

Que sejam efetuadas repetições destes ensaios, em número mínimo de dez testes para cada substância, com as mesmas espécies de organismos e mesmas substâncias, para confirmação dos resultados através de análise estatística, e implantação definitiva desta metodologia.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*. 11th. ed., New York, 1960.
- APHA, American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 14th. ed., New York, Am. Publ. Health Ass., 1975.
- BALL, I. R. The relative susceptibilities of some species of freshwater fish to poisons. I. Ammonia. *Water Res.* 1 : 767-775, 1967^a.
- BALL, I. R. The relative susceptibilities of some species of freshwater fish to poisons. II. Zinc. *Water Res.* 1 : 777-783, 1967b.
- BRANCO, S. M. Observações sobre o comportamento de peixes em presença de certos compostos metálicos dissolvidos na água. *Revista DAE* 37: 1-5, 1960.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Programa Bioensaios: Relatório Parcial n° 1 - março a maio de 1977*. São Paulo, CETESB, 1977^a.
- , *Programa Bioensaios: Relatório Parcial n° 2 - maio a setembro de 1977*. São Paulo, CETESB, 1977b.
- , *Programa Bioensaios: Relatório Parcial n° 3 - setembro a dezembro de 1977*. São Paulo, CETESB, 1977c.
- CRANDALL, C.A. & GOODNIGHT, C.J. Effects of sublethal concentrations of several toxicants on growth of the common guppy, *Lebistes reticulatus*. *Limnol. Oceanogr.* 7 2 : 233-239, 1962.
- EPA, Environmental Protection Agency. *Methods for acute toxicity tests with fish, macroinvertebrates, and amphibians*. Ecological Research Service, EPA-660/3-75-009, 62 p., 1975.
- ISO, International Organization for Standardization. *Document ISO/TC 147/SC 5/WG 3 Secretariat 6 10 e 11. Round Robin Test Programme*, 1975.
- LLOYD, R. The toxicity of zinc sulphate to rainbow trout *Salmo gairdnerii* Richardson. *Ann. Appl. Biol.* 48 :84-94, 1960.
- PICKERING, Q.H. & HENDERSON, C. The acute toxicity of some heavy metals to different species of warmwater fishes. *Air and Water Pollut. Int. J.* 10 :453-463, 1966.
- ROALES, R.R. & PERLMUTTER, A. Toxicity of zinc and Cygon, applied singly and jointly, to zebrafish embryos. *Bull. Env. Cont. Toxicol.* 12 4 :475-480, 1974.
- SKIDMORE, J.F. Toxicity of zinc compounds to aquatic animals, with special reference to fish. *Quart. Rev. Biol.* 39 3:227-248, 1964.
- SPRAGUE, J.B. Measurement of pollutant toxicity to fish. I. Bioassay methods for acute toxicity. *Water Res.* 3:793-821, 1969.

ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE OS EFEITOS DE BAIXAS CONCENTRAÇÕES DE DETERGENTES ANIÔNICOS NA FORMAÇÃO DO BISSO EM *BRACHIDONTES SOLISIANUS*

Waldir Malagrino¹
Norival Pereira²
Aristides Almeida Rocha³

RESUMO - Procurou-se observar a influência de uma mistura 1:1:1 de detergentes comerciais Skip + ODD + Minerva, todos pulverizados, sobre 180 exemplares de molusco *Brachidontes solisianus*, da família Mytilidae, expostos a bioensaio estático, aerados, durante sete dias, e alimentados com cultura de algas. As observações sobre os efeitos de baixas concentrações dos detergentes aniônicos na formação do bisso atividade bissal dos animais testados, indicaram que há uma influência seletiva desses compostos e que é dependente do tamanho do animal. O comportamento dos moluscos varia em função do seu estágio de crescimento e da concentração do poluente na água. Os resultados permitem concluir que a presença de detergentes biodegradáveis ou não, ainda que em baixas concentrações nas águas, pode induzir a mudanças comportamentais dos organismos aquáticos, especialmente dos moluscos, sendo portanto um fator de influência negativa às comunidades aquáticas.

ABSTRACT - The authors observed the effect of a mixture of three commercial detergents 1:1:1 on 180 samples of the mollusk *Brachidontes solisianus* Mytilidae, when submitted to a static bioassay, for seven days. During this period, the water was aerated by means of an electric air pump. Throughout the experiments, the organisms were fed with a culture of algae. The observation of the effects caused by low concentrations of detergent on the byssal activity of these animals indicated that there is a selective influence of these toxic substances, which depends on the animal's size. The behavior of the mollusks is variable, according to the stage of their development and to the concentration of the pollutant in the water. The results lead to the conclusion that the presence of detergents in the water, either biodegradable or not, may cause, even in low concentrations, behavioral changes in the aquatic organisms, particularly in the mollusks, thus being a factor of negative influence on all aquatic communities.

INTRODUÇÃO

Com o aumento das atividades humanas e industriais em torno de praias e estuários, há uma crescente deterioração das condições de vida nos diferentes habitats, pela introdução de diversos poluentes. Dentre esses produtos verifica-se a presença de detergentes aniônicos de uso doméstico que são lançados nos esgotos, podendo tais produtos chegar a um teor perigoso, se for considerado o fator tempo (Tommasi, 1980). Desta forma, a ausência ou diminuição de espécies em áreas afetadas pode ser a indicação de seu grau de contaminação (Jones, 1973).

Muitas dessas espécies apresentam valor como fonte de proteínas, principalmente para as populações carentes que sobrevivem na orla litorânea, coletando artesanalmente certos organismos aquáticos e semi-aquáticos, como é o caso dos mexilhões.

Algumas pesquisas têm sido realizadas para determinar os efeitos de baixas concentrações de detergentes e exposição de curta e longa durações sobre organismos aquáticos (Crisp, Southward, 1961; Reish & Ayres, 1968).

Sprague & Drury, 1969, observaram a anulação de reações em salmonídeos em concentrações muito baixas de ABS, e Swedmark et alii, 1971, verificaram que o comportamento de natação e respiração no bacalhau é afetado por surfactantes. Granmo, 1972, constatou que a fertilização e crescimento de ovos e larvas de *Mytilus edulis* são afetados em baixas concentrações de LAS.

Swedmark et alii, 1971, testaram a atividade do bisso em *Mytilus edulis* em várias concentrações de surfactantes, comprovando também a capacidade de abrir e fechar das valvas.

Perkins, 1970, observou danos nas funções biológicas de gastrópodos marinhos expostos a detergentes. Marchetti, 1965, relaciona a variação de toxicidade com fatores biológicos. E associa a variação da toxicidade de surfactantes com fatores não biológicos, como temperatura, salinidade e potencial hidrogeniônico.

Testes efetuados por Zuim & Mendes, 1980, usando amostras obtidas em Ubatuba, SP, demonstraram que o mexilhão *Perna perna* não sobrevive mais que 24 horas em concentrações de 20 ppm de um ABS comercial.

Entretanto, pouca atenção tem sido dada aos fatores que têm influência na formação dos filamentos do bisso. Recorde-se que esses filamentos são produzidos por glândulas especiais denominadas bissogênicas. Esses moluscos habitantes de regiões entre marés são semi-sésseis, pois para se fixarem necessitam de um substrato onde lançam os filamentos do

¹ Biólogo do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da USP.

² Químico do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da USP.

³ Biólogo da CETESB e Professor Adjunto da Faculdade de Saúde Pública da USP.

bisso. Conforme a salinidade, os animais demoram a se fixar, mostrando uma adaptação mais difícil em salinidades mais baixas, ao passo que em salinidades mais altas a adaptação é rápida.

O objetivo deste estudo é a verificação da reconstituição dos filamentos do bisso em presença de surfactantes. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Hidrobiologia e Físico-Química do Departamento de Saúde Ambiental, da Faculdade de Saúde Pública da USP - Universidade de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os mexilhões utilizados nestes ensaios, *Brachidontes solistianus*, pertencem à família Mytilidae. Foram coletados em praias do litoral norte de São Paulo, Maranduba e Estaleiro, em Ubatuba, e mantidos em aquários destinados à sua aclimação, no laboratório.

Os ensaios foram desenvolvidos entre os meses de agosto e outubro de 1983, utilizando-se indivíduos com dimensões médias de 0,77 mm e 0,0639 g e de 21,99 mm e 1,2472 g, sendo as medidas efetuadas por meio de paquímetro e balança analítica.

Foram utilizados cerca de 180 indivíduos nos testes, com média de 20 por concentração.

As concentrações utilizadas foram de 1 ppm e 10 ppm de uma mistura (1:1:1) de detergentes comerciais (Skip + Odd + Minerva), todos pulverizados.

A exposição aos surfactantes foi efetuada em um sistema estático de aquários de dimensões 40 X 24 X 12 cm, com aeração constante e duração de sete dias, alimentados diariamente com cultura de algas.

Durante os experimentos foram observados e determinados os parâmetros de salinidade (salinômetro de indução), temperatura (termômetro de mercúrio), potencial hidrogeniônico (potenciômetro), tendo sido os mesmos confrontados com os dados existentes na literatura pertinente.

RESULTADOS

Os resultados estão inseridos nas Tabelas 1 e 2.

DISCUSSÃO

A incapacidade de formar novos filamentos bissais em baixas concentrações de surfactantes é desfavorável para os mexilhões em seu habitat natural. Recorde-se que trabalhos desenvolvidos por Swedmark et alii, 1971, com *Mytilus edulis*, submetidos a concentrações de 10 ppm de surfactantes, por período de três dias, evidenciaram a perda completa da atividade bissal nesses animais.

Concentrações consideradas subletais para indivíduos em testes de laboratório podem, no entanto, vir a ser letais quando no habitat natural, se for considerada a relação entre os fatores ambientais e os vários componentes da fauna no ecossistema (Tommasi, 1980).

Mexilhões e ostras possuem uma habilidade efetiva de fechamento de valvas, com o que o animal se protege durante a maré baixa. Este mecanismo opera também quando os mexilhões estão expostos por curto período de tempo aos surfactantes aniônicos, especialmente em altas concentrações.

Bryan, 1969, e Perkins, 1970, fizeram observações comparadas sobre gastrópodes, verificando o fechamento do opérculo. As habilidades em fechar as valvas e a formação dos filamentos do bisso tornam-se importantes fatores de adaptação dos animais às condições ambientais e à resistência aos surfactantes.

Observações feitas por Pereira & Malagrino, 1981, evidenciaram que as águas de maior salinidade têm um poder mais acentuado para biodegradar compostos aniônicos do que águas de menor salinidade.

No presente trabalho, o fato de não haver um número acentuado de mortes nos testes, como se verifica pelos dados apresentados na Tabela 2, pode ser atribuído ao fechamento das valvas, pelo organismo, quando exposto a altas concentrações do tóxico, bem como ao longo período dos testes.

TABELA 1 - Parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados durante os testes de fixação dos *Brachidontes solistianus*

Parâmetro	Controle	Concentração (ppm)	
		1	10
Nº de indivíduos no teste	7	7	7
Duração (dias)	24-21	24-21	24-21
T°C (máx.-min.)	7,5	7,5	7,5
pH	38,058-38,761	38,058-38,761	38,058-38,761
S%o inicial-final	-	-	-
Nº de mortos	existente	existente	existente
Atividade bissal	Sim	Sim	Sim
Fixação do animal	-	-	-

TABELA 2 - Resultados comportamentais do bisso observados na fixação dos *Brachidontes solistianus* expostos à mistura de detergentes não-biodegradáveis

Concentração (ppm)	Dias	Tipos Exemplares	Dias													
			0	2	3	4	5	6	7							
Controle	Nº de Indivíduos		3 2	5 3	7 5	10 7	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	
1			2 1	3 2	5 4	6 5	8 7	8 7	8 7	8 7	8 7	8 7	8 7	8 7	8 7	
10			2 1	3 2	4 2	5 3	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4	

P = Exemplares pequenos

G = Exemplares grandes

Quanto à atividade bissal, através das Tabelas 1 e 2, corroboradas pelas evidências da Figura 2, observou-se que houve uma atividade bissal mais rapidamente pronunciada nos exemplares de menor porte em relação àqueles de maior tamanho. Assim, no controle, obviamente teve-se 100% dos exemplares (ver Figura 2) com atividade bissal normal ao final dos sete dias de duração do teste. Na Figura 1 pode-se observar que, nas concentrações de 1 ppm, os exemplares de tamanho médio (0,77 mm) tiveram 80% de crescimento bissal contra 70% daqueles com 21,99 mm. Já nas concentrações de 10 ppm os moluscos de menor porte atingiram cerca de 55% e os de maior tamanho apenas 45%.

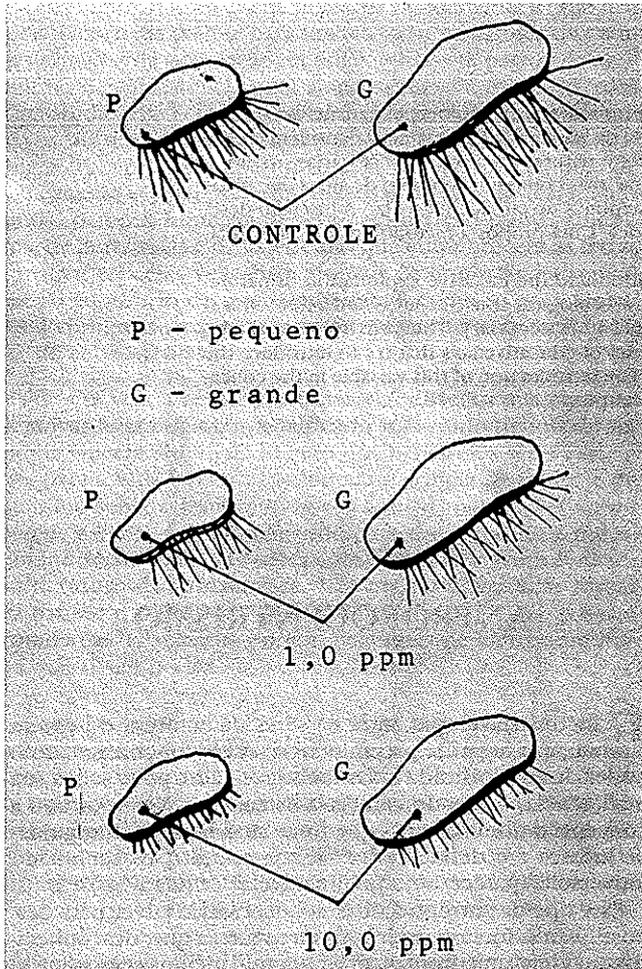


FIGURA 1 - Atividade Bissal de acordo com a Concentração do Poluente

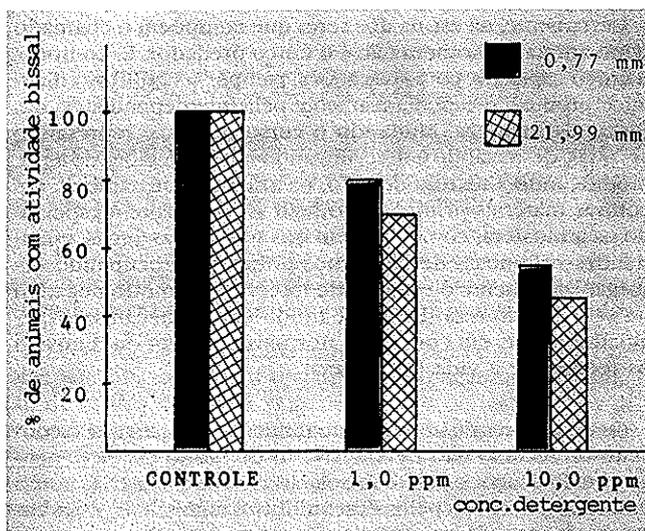


FIGURA 2 - Atividade Bissal nos Moluscos *Brachidontes solisianus* de acordo com o Tamanho do Animal

CONCLUSÕES

Tais observações permitem indicar que a presença de detergentes biodegradáveis ou não, ainda que em baixas concentrações nas águas, pode induzir a uma mudança de comportamento dos organismos aquáticos, especialmente dos moluscos.

A médio prazo, embora quase que imperceptivelmente, esses toxicantes poderão, portanto, levar a um decréscimo da fauna aquática por impedir ou dificultar o seu comportamento de fixação ao substrato.

Nesse sentido, é imperioso que novos estudos sejam efetuados, subsidiando assim uma atualização da legislação pertinente, ora em vigor.

REFERÊNCIAS

- BRYAN, G. W. The Effects of Oil-spill Removers detergents on the Gastropod, *Nucelia lapillus* on a Rocky Shore and in the Laboratory. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 49:1067-1092, 1969.
- CRISP, D. J. & SOUTHWARD, A.J. Different Types of Cirral Activity of Barnacles. *Phil. Trans. R. Soc. Ser.B* 243:271-308, 1961.
- GRANMO, A. Development and Growth of Eggs and Larvae of *Mytilus edulis* Exposed to a LAS, *Marine Biology* 15:356-358, 1972.
- JONES, D. J. Variation in the Trophic Structure and Species Composition of some Invertebrate Communities in Polluted Kelp Forest in the North Sea. *Mar.Biol.* 20 4: 351-365, 1973.
- MARCHETTI, R. A Critical Review of the Effects of Synthetic Detergents on Aquatic life. *Study. Rev. Gen. Fish. Coun. Mediterr.* 26: 1-32, 1965.
- PEREIRA, N. & MALAGRINO, W. Potencial de Biodegradação de Detergentes Aniônicos das Águas do Estuário de São Vicente SP, In: 33ª Reunião Anual da SBPC - julho de 1981, Salvador-BA, 1981.
- PERKINS, E. J. Some Effects of Detergents in the Marine Environment. *Chem Industry* 3: 14-22, 1970.
- REISH, D. J. & AYRES JR., J. C. Studies on the *Mytilus edulis* Community in Alamitos Bay, California. III - The Effects of Reduced Dissolved Oxygen and Chlorinity Concentrations on Survival and Byssal Thread Production. *Veliger* 10:184, 1968.
- SPRAGUE, J. B. & DRURY, D. E. Avoidance Reaction of Salmonid Fish to Representative Pollutants, In: Advances in Water Pollution. Research Proceeding of the 4th. International Conference Held in Prague. Ed. by S.H. Jenkins. Oxford. New York: Academic Press. 169-179, 1969.
- SWEDMARK, M.; BRAATEN, B.; EMANUELSSON, E. & GRANMO, A. Biological Effects of Surface Active Agents on Marine Animals *Marine Biology* 9: 183-201, 1971.
- TOMMASI, L. R. Considerações Ecológicas sobre o Sistema Estuarino de Santos, SP. Tese de Livre-Docência-USP, Instituto Oceanográfico 2 vol., 1980.
- ZUIM, S. M. F. & MENDES, E. G. Tolerância de Dois Mexilhões Marinhos *Perna perna* e *Branchidontes solisianus*, a diferentes concentrações de um detergente aniônico. *Rev. Bras. Biol.* 40: 585-590, 1980.

APONTAMENTOS DE INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Germano Seara Filho¹

RESUMO - A dominação irracional do homem sobre a natureza e a exploração gananciosa dos recursos naturais estão colocando em risco a sobrevivência da humanidade. Uma nova consciência ecológica e uma nova postura ética do ser humano perante a natureza tornam-se necessárias. Assim, a educação ambiental surge, não como uma nova disciplina, mas como um conjunto de atos educativos que procura inserir a variável ambiental em todas as disciplinas do currículo escolar. A inserção desta variável no sistema educativo acarreta certas dificuldades. Uma proposta metodológica é oferecida.

ABSTRACT - The nature's irrational human domination and the lucrative exploitation of natural resources are leading humanity's survival to a risk. A new ecological consciousness and a new ethical attitude of the human being in the presence of nature becomes necessary. Thus, environmental education rises up, not as a new discipline, but as a whole set of educative acts that try to introduce the environmental variable in all disciplines of the school. The introduction of this variable in the educative system leads to some difficulties. A methodological proposal is offered.

INTRODUÇÃO: RELACIONAMENTO DO HOMEM COM A NATUREZA

A encruzilhada histórica em que se encontra o homem nesta segunda metade do século XX é, por um lado, fruto de suas conquistas no campo do saber e do poder que o conhecimento acumulado no correr dos anos lhe concedeu e, por outro lado, de uma atitude de distanciamento e dissociação da natureza, quase sempre encarada não como a casa do homem, que deve ser preservada e usada racionalmente, mas como fonte de consumo com fins lucrativos, o que vai, de modo sempre mais acelerado, transformando a terra num planeta doente, e ameaçando assustadoramente toda forma de vida.

Na verdade, nenhum século, como este, acumulou tanto saber e tanto poder. Da memória do homem passou-se à memória das máquinas, potente e ágil, capaz de armazenar quase que ilimitadamente e de reativar, em frações de segundo, todo e qualquer tipo de informação. A ciência, que se fazia sobretudo por dedução e através da tentativa e do erro, hoje é induzida e programada. Toda a sabedoria dos séculos anteriores foi profundamente revolucionada à luz dos novos dados que instrumentos sofisticados, fruto também eles do engenho humano, permitiram elaborar. Até parece que o antigo sonho de o homem dominar o universo se torna realidade! Singrando os espaços, ele não partiu para a conquista de novos mundos? Não somente foi à lua: aportar em algum outro planeta deve ser questão de tempo.

Ao lado, porém, dessa grandeza que o iguala aos deuses, a inquietação provocada pelo enriquecimento de poucos e pela fome de muitos, pelas grandes concentrações urbanas preñes de problemas, pelo esgotamento paulatino dos recursos naturais, pelo uso de agrotóxicos nos campos e de material que causa poluição generalizada nos centros industriais, sintomas de uma enfermidade que pode ser fatal, permeia de sombras o futuro do homem. E ele mesmo não se pode eximir dessa culpa.

ANTROPOCENTRISMO

É incontestável que entre os seres da natureza o homem ocupe o lugar de preeminência. A ele foi consignado o poder de administrá-la e dar-lhe significado, pois, sem a sua inteligência, o mundo careceria de sentido. Nem por isso a concepção dominadora - que finca suas raízes na antiguidade judaica e o define como "rei da criação" e "senhor do universo" - parece hoje invulnerável à crítica.

Esse tipo de antropocentrismo, necessário talvez para desmistificar as forças misteriosas da natureza que, desconhecidas suas leis, amedrontavam a humanidade nos seus primórdios, levou o homem a um tipo de comportamento predatório, consumista e irracional, que não somente coloca em risco sua "casa" e tudo o que ela contém, mas também a sua própria sobrevivência.

Certamente, na escala dos seres que compõem o chamado reino animal, o homem não é o único predador. É, contudo, o único capaz de, com suas ações, romper o equilíbrio dinâmico produzido espontaneamente pela interdependência das forças da natureza. Mudando o curso dos rios, represando as águas, desmatando e desertificando inteiras regiões de terra, modificando a textura do solo, na azáfama constante de encontrar matérias-primas e produzir rapidamente, despejando na atmosfera, como também nos solos e nas águas, quantidades volumosas de elementos poluentes e ocupando desorganizadamente o espaço, ele intervém de modo negativo no seio da natureza. Ele pode modificar os mecanismos reguladores que, em condições normais, mantêm ou renovam os recursos e a vida no planeta.

Os defensores do crescimento ilimitado objetam que o conceito de recurso não deve ser visto de modo estático, nem as transformações dos recursos, através da indústria, como únicos responsáveis pelos desequilíbrios ambientais. Estes começaram antes da industrialização e o desenvolvimento científico e tecnológico seria capaz de descobrir e explorar novos recursos.

¹ Psicólogo, Teólogo e Filósofo, Doutor em Psicologia, da CETESB.

Obviamente, tal modo de agir é fruto de uma visão que encara a mãe-Terra como fonte gratuita de matérias-primas, subsequentemente inesgotáveis, e o homem como mero fator de produção. Acontece que nem a natureza é infinita - temos uma terra somente -, nem o homem nasceu apenas para produzir e consumir. Os anseios de seu espírito e a busca de significado para sua existência ultrapassam a preocupação com a posse de bens materiais.

Transformações Causadas pelo Modelo Agroindustrial Vigente

Com efeito, no seu afã de produzir rapidamente e com fins lucrativos, mais do que para sanar a fome endêmica de grandes camadas da população mundial, o homem passou da agricultura de subsistência para a agricultura de mercado, para a agroindústria. O fator produtividade tomou a dianteira numa escala que privilegia a quantidade em detrimento da qualidade. Para produzir mais, tornou-se necessário desnudar de sua camada vegetal protetora extensas regiões da Terra. Mais ainda, pareceu imprescindível o uso de fertilizantes químicos, de herbicidas e de inseticidas que empobrecem as terras e matam espécies vegetais e animais de importância capital para o equilíbrio do meio ambiente. É como se os defensores do progresso a qualquer custo nunca tivessem ouvido falar de ecossistemas.

Por sua vez, a revolução industrial e o desenvolvimento de novas tecnologias, intensificado sobretudo depois da Segunda Guerra Mundial, ao lado dos benefícios reais carreados para a vida humana, acentuaram a idéia de poder e de domínio sobre o mundo (o *homo sapiens* passa a ser *homo potens* e *homo faber*), deixando como subproduto a poluição indiscriminada que paira como sombra ameaçadora sobre o futuro da humanidade. Não mais subjugado às forças da natureza, o homem, depois de compreendê-las, passa a dominá-las. Obcecado, porém, pela idéia de lucro, administra mal o seu poder.

Uma das consequências palpáveis dessa má administração, tributo pago à industrialização acelerada, são as grandes concentrações urbanas. Os grandes centros produtores catalisam as aspirações de salários melhores, de instrução, de diversões e assistência no sentido mais amplo da palavra. Com isso, pequenas cidades passam a ser símbolo de atraso e o resultado são metrópoles ou megalópoles do porte de São Paulo, para ficar apenas com um exemplo, com o ar irrespirável, serviços públicos estrangulados, criminalidade crescente, mal-estar generalizado. A cidade, que deveria ser o lugar de encontro das pessoas, transformou-se em teatro de conflitos, de luta pela moradia, pelo acesso à cultura e à diversão.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O quadro descrito é desanimador e, se o pessimismo fosse aplaudido, dever-se-ia concluir que o planeta se tornou inviável. Esta não é, porém, a conclusão.

Se houver vontade política e se tomar a estrada certa, ainda será possível resgatar a relação do homem com a natureza e transformar este planeta em uma casa pacífica para todos.

Na verdade, a desarmonia entre o homem e o meio é causada pela falta de valores sociais que desencadeiem a formação de estilos de vida e o aparecimento de instituições de suporte coerentes com a evolução da vida na terra. A mudança de mentalidade necessária para que o rumo dessa evolução seja reorientado em benefício de todos será consequentemente fruto de uma nova consciência ecológica e de uma nova postura ética do homem perante a natureza e perante o próprio homem. Será necessário que ele se liberte dessa atitude de dominação sobre as criaturas e sobre os irmãos.

Para isto será necessário também que se instrua e se eduque. Que se instrua acerca de sua relação com todo o criado e acerca das consequências advindas de suas ações. E que se eduque assumindo conjuntamente e individualmente as responsabilidades pelos seus feitos, desenvolvendo os valores da amizade e da solidariedade com as coisas inertes, com as criaturas vivas e com os próprios semelhantes. Portanto, a melhoria da qualidade de vida e a preservação do planeta para as gerações futuras, que dependem de um desenvolvimento ambiental planejado e que leve em consideração o conjunto de interações entre os sistemas sociais e os ecossistemas naturais, passam por uma proposta de educação ambiental, cujo objetivo último é restabelecer a harmonia entre o homem e a natureza.

Educação Ambiental, o que é?

Primeiramente, é preciso verificar o que significa educar e, em seguida, traçar a diferença entre educação, instrução e formação. Da origem das palavras, depreende-se o seguinte: educar vem de *educere*, palavra latina que significa "conduzir para fora"; instruir vem de *instruere* que significa "construir dentro".

Daí a instrução ser um processo pelo qual alguém, depois de informado sobre alguma coisa, assimila essa informação, constrói dentro de si o conhecimento, isto é, organiza e elabora informações que antes não possuía. Já a formação supõe uma intencionalidade específica da parte do educador e do educando e significa carrear a instrução para uma atividade particular, de tal modo que, ao fim do processo formativo, alguém possa ser considerado professor, engenheiro, médico etc.

Educar, por conseguinte, não significa apenas instruir alguém sobre alguma coisa, transmitir-lhe conhecimentos específicos e capacitá-lo ou formá-lo para exercer uma atividade determinada. Educar é muito mais do que isto e significa levar alguém a exprimir todas as suas potencialidades, a assumir sua condição de sujeito no ato de conhecer, a desabrochar como pessoa livre capaz de solidarizar-se com as outras pessoas. É um processo permanente e não um produto. Mais do que ensinar a alguém o que pensar ou o que fazer, é despertar neste o como pensar e agir. É, portanto, um processo interativo em que o educador guia o educando para as fontes de informação, ajuda-o a descobrir e utilizar os instrumentos de análise - teóricos e práticos -, respeitando sua personalidade como sujeito também do ato de conhecer, de aprender, de se conduzir, desperta-lhe o interesse pela participação e pelos valores sociais, incentiva-o para a ação que leva à solução dos problemas.

Relacionada com o ato de educar está a pergunta: quem educa? Ora, a autoconsciência, a percepção que temos de nós mesmos só acontece na relação com os outros, sobretudo com os "outros significativos" (genitores, irmãos, parentes, amigos, ídolos, pessoas importantes). Sem contato com os limites impostos pelos outros não se constrói a identidade como sujeito, não exprime todas as potencialidades, isto é, não se desabrocha, não se conduz para fora toda a riqueza pessoal. Por conseguinte, o ser humano se torna pessoa na relação com todas as outras pessoas. E, embora normalmente se delegue à família e à escola a tarefa de educar, é toda a sociedade que educa.

Em segundo lugar, é preciso delinear rapidamente a visão de ambiente. Normalmente, o ambiente é concebido de modo estático, como o lugar onde as coisas acontecem, e deles se dissocia o homem. Ora, a análise global do meio ambiente não pode dissociar as interações sociais das interações naturais, pois os fenômenos aí estudados estão em interação dinâmica e permanente. Daí o conceito de meio ambiente ser muito complexo. Na verdade, ele abarca a totalidade do pla-

neta e os elementos que o compõem, físicos, químicos e biológicos, tanto naturais quanto artificiais, tanto orgânicos quanto inorgânicos, nos distintos níveis de sua evolução, até o homem e suas formas de organização na sociedade, onde a rede de inter-relações existentes entre estes elementos se encontra em estreita dependência e influência recíproca.

Dentro deste quadro, define-se educação ambiental. Segundo o Congresso de Belgrado, promovido pela UNESCO em 1972, ela é um processo que visa "formar uma população mundial consciente e preocupada com o ambiente e com os problemas que lhe dizem respeito, uma população que tenha os conhecimentos, as competências, o estado de espírito, as motivações e o sentido de participação e engajamento que lhe permitam trabalhar individualmente e coletivamente para resolver os problemas atuais e impedir que se repitam". A educação ambiental é, portanto, um processo permanente e participativo de explicitação de valores, instrução sobre problemas específicos relacionados com o gerenciamento do meio ambiente, formação de conceitos e aquisição de competências que motivem o comportamento de defesa, preservação e melhoria do ambiente. Em outras palavras, a educação ambiental deve levar o homem a viver em harmonia com a natureza, passando pela participação de todos os cidadãos na solução dos problemas ambientais, o que significa compreender o ambiente, a relação dinâmica que existe entre os ecossistemas naturais e os sistemas sociais e desemboca em preocupações tais como gerenciamento racional dos recursos naturais; destino das gerações futuras e sobrevivência da espécie humana.

Objetivos Específicos

A partir desta finalidade geral e permanecendo no contexto das conclusões de Belgrado, completadas pelas orientações da Conferência de Tbilissi, pode-se estipular como objetivos específicos da educação ambiental:

- *tomada de consciência*: ajudar os indivíduos e os grupos sociais a tomar consciência do ambiente global e dos problemas conexos;
- *conhecimentos*: ajudá-los a compreender o ambiente global, a multiplicidade de relações que existe entre os elementos que o constituem, o homem inclusive, a responsabilidade e o papel crítico reservado a ele;
- *atitudes*: levá-los a desenvolver valores sociais, sentimentos de interesse pelo ambiente e motivação forte para tomar parte na tarefa de conservá-lo e melhorá-lo;
- *competências*: desenvolver entre eles competências específicas que tornem operativos os conhecimentos e as atitudes adquiridas, através das ações concretas sobre o ambiente.

Duas coisas parecem de suma importância: a tomada de consciência dos problemas ambientais, a qual passa obrigatoriamente pela análise crítica do meio, buscando não somente corrigir com soluções curativas os danos já verificados, mas também descobrir as causas imediatas e longínquas, de modo que se possa reconstituir, analisar e desfazer a rede causal que provoca os problemas. Em segundo lugar, estão as ações concretas, que têm alto valor pedagógico.

Características da Educação Ambiental

A especificidade da educação ambiental em relação a outras formas de educação consiste no fato de que ela tem as seguintes características principais: um enfoque voltado pa-

ra a solução dos problemas; um enfoque educativo interdisciplinar; uma integração da educação com a comunidade; e uma educação permanente voltada para o futuro.

Na verdade, a educação ambiental não visa apenas à aquisição de conhecimentos sobre o ambiente, mas à mudança de comportamento, à determinação para a ação e à busca de soluções para os problemas. Como tal, entretanto, ela não se constitui numa nova matéria, mas se apóia nas várias disciplinas, num tipo de abordagem interdisciplinar. A abrangência da variável "meio ambiente" não permite que se condense o argumento numa única disciplina. Além do mais, a educação ambiental deve privilegiar como terreno de estudo o entorno imediato dos indivíduos; a fim de integrá-los na comunidade e levá-los a se comprometer com a solução dos problemas. Nem por isso o conjunto de atos educativos que permitem à criança, ao jovem ou adulto apreender, conhecer e analisar o meio ambiente deve restringir-se a seu entorno imediato. Metodologicamente, começa-se por aí. Mas é necessário que se chegue a um enfoque global e à análise das inter-relações com o ambiente não imediato com qual se está ligado. A criança da cidade, por exemplo, deve perceber que, através do leite que bebe, ela influencia o tipo de fazenda, o modo de produção e até o estilo de vida do camponês. Desse entorno não imediato passa-se para o sistema-Terra, dentro do qual estão todos interligados. Por sua vez, esse processo educativo é permanente e voltado para a solidariedade com as gerações futuras.

Educação Ambiental Formal e Não-Formal

É mister distinguir, dentro deste processo participativo, que se propõe conduzir o homem a uma nova postura ética perante a natureza - postura que preserve ou restabeleça a harmonia entre os dois, a educação ambiental formal da não-formal.

Antes de tudo, por educação formal entende-se o processo educativo institucionalizado que acontece na rede de ensino, com estrutura curricular, programas, conteúdos, métodos pedagógicos, formação de professores etc., estipulados de acordo com a filosofia educacional e a lei do país. É a educação escolar que vai do pré-primário ao superior, passando pelo 1º grau, 2º grau, supletivo etc. É neste contexto que deve ocorrer a educação ambiental formal, um modo particular de conceber a educação formal, o qual ressalta a interdisciplinaridade dos vários componentes do projeto educativo, a participação do aluno e sua determinação para a ação e solução dos problemas ambientais, e a integração com a comunidade. Isso, em um processo permanente e voltado para o futuro, em que a variável ambiental permeie todas as disciplinas e funcione como tema integrador. Mais adiante, serão elencadas as dificuldades que a inserção deste modelo educativo pode acarretar ao sistema de ensino atual e será feita uma proposta metodológica preliminar de como se proceder.

Já por educação não-formal entende-se o processo educativo, desvinculado ou não do poder oficial, mas que se realiza fora da escola e se caracteriza pela flexibilidade de métodos e conteúdos e pela diferença de público de destino, geralmente adulto. Daí ela ser chamada normalmente de educação de adultos ou educação permanente, desde que não se trate daquela educação de adultos que acontece na escola. Neste quadro, a educação ambiental não-formal é um processo educativo, institucionalizado ou de características populares, realizado fora do contexto escolar propriamente dito. É preocupado, em primeiro lugar, não com a alfabetização ou complementação dos conhecimentos gerais básicos devidos a todo ser humano, mas sim com a sua relação e comprometimento com o meio ambiente imediato e global em que vive.

INTEGRAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO SISTEMA EDUCATIVO

O sistema educativo brasileiro, apesar do esforço de integração propugnado pela Lei 5.692, na prática, permanece ainda muito compartimentado, monodisciplinar, intelectualista e desvinculado da realidade. Tal modelo certamente não configura um contexto favorável para a inserção de uma dimensão da educação geral e especializada cuja abordagem precisa ser interdisciplinar, aberta para a realidade local e orientada para a solução de problemas, como é a educação ambiental.

Esta, na verdade, não somente propõe que se conheçam as causas profundas (sociais, econômicas e culturais) responsáveis pela deterioração do ambiente e que se transmitam conhecimentos gerais e específicos sobre os problemas ambientais, mas impõe também que todo conhecimento transmitido seja iniciador de ações concretas. De fato, deseja-se com ela instruir, transmitir conhecimentos específicos sobre o ambiente global e as inter-relações naturais e sociais que aí acontecem, mas sobretudo provocar atitudes de interesse imediato pela participação na tarefa de preservar e desenvolver a riqueza comum - a Terra - isto é, provocar uma mudança de comportamento do homem perante a natureza. Desenvolver, sim, uma nova consciência ecológica, mas provocar sobretudo uma nova postura ética.

Neste quadro, é bom que se diga que as Ciências Sociais precisam ser associadas à pedagogia do ambiente, a fim de elucidar o papel de certos valores, de certas escolhas econômicas e tecnológicas, de certos modos de vida de estilo parcimonioso ou consumista sobre a deterioração ou melhoria do ambiente.

Isto supõe congregar todas as matérias educativas a fim de elucidar as diferentes dimensões da problemática ambiental e não apenas as disciplinas do domínio das ciências naturais, o que, obviamente, acarreta dificuldades metodológicas, tanto institucionais quanto pedagógicas ou psicológicas.

Com efeito, a escola precisará mudar seus programas e seu modo de se relacionar com a comunidade, abrangendo além dos especialistas, os cidadãos e os alunos, para influir na elaboração dos próprios programas. Os professores precisarão mudar seu estilo de relacionamento com os alunos, abandonando a relação interativa que favorece a passividade, a saber, aquela em que o professor digere um corpo predeterminado de informações e em seguida carrega este material para o estudante, por um modelo orientado para a ação em que o instrutor não atua como fonte principal de informação, mas realiza seu papel criando ambiente de aprendizagem, assistindo ao estudante na aquisição de informações, orientando-o e participando com ele no processo de aprendizagem. Enfim, será necessário uma renovação dos conteúdos educativos, através da qual a variável ambiental possa permear todas as disciplinas escolares, e uma renovação dos métodos de ensino que favoreça o desenvolvimento de trabalhos em equipes interdisciplinares e desperte a co-responsabilidade dos educandos.

Esta renovação irá exigir, portanto, que o professor abandone a postura de mero transmissor de conhecimentos para se engajar e participar com os alunos de todo o processo de aprendizagem, mais do que na qualidade de perito, na qualidade de membro do grupo, guia e conselheiro. É fora de dúvida que tal professor terá que ser treinado antecipadamente, pois não se poderá exigir dele um desempenho para o qual não foi preparado.

Proposta Metodológica

É pelo fato de evitar toda especulação intelectual que não seja iniciadora de ações, de não se deixar enclausurar no quadro de uma única disciplina, nem querer erigir-se em nova

disciplina, que a inserção da educação ambiental na rede de ensino acarreta dificuldades de ordem institucional, pedagógica ou psicológica. Tais dificuldades não são insuperáveis. Deve-se acrescentar, além disso, que a educação ambiental oferece à escola uma grande oportunidade de renovação, uma vez que lhe proporciona a ocasião de integrar as várias disciplinas escolares num projeto educativo de conjunto, em que a variável ambiental desempenharia o papel de tema integrador ou tema de encontro.

Tendo-se em mente os transtornos iniciais que a inserção da educação ambiental pode causar aos programas escolares, propõe-se aqui um caminho metodológico de incorporação progressiva em três momentos, não necessariamente sucessivos nem exclusivos, pois será a realidade local a determinar a melhor maneira de combiná-los.

Num primeiro momento, insere-se no quadro de algumas disciplinas (aquelas que apresentam maior afinidade) um certo número de temas relacionados com o ambiente. Esta maneira de proceder, já em prática em algumas escolas, não causa dano aos programas escolares. Tem, porém, a desvantagem de não tratar os temas ambientais em sua globalidade, além de não levar em conta os problemas ambientais imediatos vivenciados pelos alunos.

Num segundo momento, inserem-se nos programas das várias disciplinas todas as noções relacionadas com o conhecimento e gerenciamento do ambiente. As vantagens aqui são múltiplas, pois que, além de se trabalhar todo o quadro conceitual relacionado com o meio ambiente, esta atividade oferece às disciplinas uma espécie de denominador comum que as aproxima.

Num terceiro momento, criam-se unidades integradoras ou módulos educativos pluridisciplinares, no seio dos quais as disciplinas que apresentam maior afinidade conceitual e metodológica podem co-habitar. Tais módulos aproximam e integram as várias disciplinas. Deve-se estar atento, contudo, para que esta atividade não se marginalize nem seja praticada em justaposição com as outras disciplinas, transformando-se ela mesma, a longo prazo, numa nova disciplina.

CONCLUSÃO

A educação ambiental, cuja origem pode ser colocada nos Anos 60, nasceu da tomada de consciência de que a revolução industrial e o desenvolvimento tecnológico, ao lado dos benefícios carreados para a humanidade, provocaram uma série de consequências desastrosas, tais como exodo rural, urbanização, degradação do solo, das águas, do ar, esgotamento de recursos naturais etc. Face a todos esses problemas, tornou-se necessário e urgente sensibilizar a massa dos indivíduos para responsabilizar cada cidadão.

Em vários encontros internacionais - como os promovidos pela UNESCO, em Estocolmo (1972), Belgrado (1975) e Tbilissi (1977) - chamou-se a atenção da população mundial para adotar atitudes educativas, a fim de se preservar e melhorar o ambiente.

Paulatinamente, essa forma de educação vai penetrando nos sistemas de educação das nações, tanto a nível formal quanto a nível não-formal. E torna-se sempre mais aguda a consciência de que o gerenciamento dos recursos naturais e a salvaguarda da qualidade de vida dependem das estruturas econômicas e das instituições que se tiver. O desenvolvimento e a explicitação de valores sociais, a mudança de atitudes e de comportamento, por sua vez, passam através da educação.

Certamente, o equilíbrio do meio ambiente total não deve levar à inatividade e ao conservadorismo. Nem o desequilíbrio, ao fatalismo e à resignação. O desenvolvimento é necessário. Mas que tipo de desenvolvimento econômico e social?

Espera-se que através dessa forma abrangente de educação, a educação ambiental, cada cidadão - da criança ao jovem e ao adulto - adquira uma visão mais objetiva do funcionamento da sociedade a que pertence e da sociedade humana em geral, torne-se motivado para a vida coletiva e para a assunção de responsabilidades, e tome consciência de que o futuro da humanidade e a qualidade de vida das gerações futuras dependem em grande parte das escolhas que fizerem em sua própria vida. Nisto, o papel dos educadores - professores, família e a sociedade em geral - é de capital importância.

Um provérbio atribuído ao "Amish People" americano pode servir como conclusão: "Não herdamos a Terra dos nossos avós, mas a tomamos emprestada dos nossos filhos".

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, Ronaldo. Poluição, a Doença da Terra. Petrópolis, Ed. Vozes, 1977.
- CUISIN, Michel. Qu'est-ce-que l'Ecologie? Paris, Bordas, 1971.
- DAJOZ, Roger. Ecologia Geral. São Paulo, Ed. Vozes e USP, 1973.
- FERRI, Mário Guimarães. Ecologia e Poluição. São Paulo, Ed. Universal, 1976.
- MEADOWS, Dornella H. et alii. Limites do Crescimento. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1973.
- MINC, Carlos. Como Fazer Movimento Ecológico e Defender a Natureza e as Liberdades. Petrópolis, Ed. Vozes, 1985.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR. Educação Ambiental. Brasília, 1977.
- MOSER, Antonio. O Problema Ecológico e suas Implicações Éticas. Petrópolis, Ed. Vozes, 1983.
- SWAN, James A. Some Human Objectives for Environmental Education. In SWAN, James A. & STAPP, William B., Ed. Strategies Toward a More Livable Future. New York, John Wiley & Sons, 1974, p.25-41.
- U.E.R. DE DIDACTIQUE UNIVERSITÉ PARIS VII & GROUPE E.D.E.N. Compte-Rendu - Journées sur l'Education Relative a l'Environnement, 23-24/04/1982. Paris, 1982.
- UNESCO. Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, 14-26/10/1977. Tbilissi URSS, 1977. Informe Final.
- VIEZZER, Moema. Educação Ambiental e Participação Comunitária. São Paulo, CETESB, 1984 Manuscrito não publicado.

EMISSÕES DE RADIOFREQÜÊNCIA NO AMBIENTE URBANO

Antonio Alessio Filho¹
Claudia Condé Lamparelli²
Jesus Gonzalez Hernandez¹

RESUMO - Este trabalho apresenta os resultados de um estudo feito sobre as radiações não ionizantes RNI presentes na área urbana do município de São Paulo, na faixa VHF do espectro eletromagnético. Foram realizadas medições de campos de radiofrequência RF na av. Paulista, onde há uma concentração de pessoas e emissores de FM e TV, na faixa de 55 MHz a 220 MHz. Com base nas medições de intensidade de campo elétrico, foram calculadas as densidades de potência. Como resultado, foram obtidos valores variando de $1,0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o nível do solo, até $336 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ na cobertura do Edifício Gazeta, onde se encontra instalada uma torre de transmissão com algumas antenas irradiantes.

ABSTRACT - This paper summarizes the results of eight series of radiofrequency field intensity measurements carried out by CETESB in the urban area of São Paulo city. The main objective in conducting these measurements was to obtain information about the field intensities which can be produced by VHF broadcast antennas and the associated level of public exposure to such radiations. The power densities derived from electric field intensity measurements were from $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ on ground level to $336 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ at a building roof under FM and TV transmission tower.

INTRODUÇÃO

Em anos recentes tem havido uma apreciável expansão do número de dispositivos ou equipamentos que utilizam ou emitem radiações não ionizantes (RNI) com aplicações na indústria, telecomunicações, medicina, pesquisa, engenharia e nas residências. Como consequência, preocupações sobre possíveis efeitos adversos sobre a saúde do usuário e da população em geral vêm ganhando importância, já que essas radiações não ionizantes abrangem as emissões de energia no espectro eletromagnético desde o ultra-violeta até as radiofrequências.

Este trabalho se limitou ao estudo das emissões de energia por radiofrequência na faixa do VHF. Isso porque, embora exista a possibilidade de exposição de um grande segmento da população a esse tipo de radiação (McRee, 1974), a sua maioria não está exposta a níveis preocupantes e apenas um setor relativamente pequeno do público em geral e certos grupos ocupacionais, efetivamente, recebem uma exposição significativa (Lerner, 1980). Como o interesse deste estudo está mais voltado para o problema de saúde ambiental, a preocupação foi dirigida para o primeiro grupo de risco, composto por indivíduos que moram ou trabalham na vizinhança imediata de estações transmissoras.

A emissão de radiofrequência no ambiente urbano é constituída predominantemente por irradiações de antenas de transmissão de rádio e televisão. Nos grandes centros urbanos é comum a concentração dessas antenas em pontos altos, o que se traduz muitas vezes pela instalação de torres no

topo de edifícios em áreas de grande densidade populacional, como é o caso da av. Paulista, na cidade de São Paulo.

A escolha das emissões por radiofrequência se baseia, portanto, no número de fontes presentes no meio urbano em função da população exposta, sujeita aos efeitos causados por esse tipo de radiação.

Os efeitos biológicos causados pela exposição a radiações eletromagnéticas são usualmente designados como térmicos e não-térmicos. Os efeitos térmicos são aqueles cujas alterações são induzidas pelo aquecimento gerado no organismo. Os efeitos não-térmicos são aqueles devidos à interação direta do campo eletromagnético e o sistema biológico.

Embora exista muita controvérsia nos experimentos realizados com o objetivo de esclarecer os efeitos biológicos produzidos pelas radiações eletromagnéticas não ionizantes, onde se incluem as radiofrequências, alguns fatos já estão bem estabelecidos. Primeiramente, alterações induzidas por esse tipo de radiação já foram comprovadas experimentalmente. Além disso, os efeitos básicos provocados por essa radiação atingem principalmente o sistema nervoso, os olhos e os testículos. Já foram relatados casos de desenvolvimento de cataratas e de redução da função testicular, podendo levar à esterilidade (Michaelson, 1982).

Assim neste estudo se realizaram medições de campos de radiofrequência (RF) em diversos pontos da av. Paulista, onde há uma concentração de pessoas e emissores de FM e TV na faixa de 55 MHz a 220 MHz. O propósito dessas medições foi o de se fazer um levantamento dos níveis de energia no ambiente, produzidos pelas antenas ali presentes. Procedeu-se também à interpretação desses dados, analisando-se os possíveis riscos aos quais está sujeito o público que frequenta o local, em função dos padrões internacionais de proteção à saúde vigentes na atualidade.

¹ Físicos da CETESB
² Bióloga da CETESB

MATERIAL E MÉTODOS

Na cidade de São Paulo, as sete emissoras de TV estão assim distribuídas; duas no Pico do Jaraguá, duas no Alto do Sumaré e três na av. Paulista. Já as emissoras de FM, que são inúmeras, estão concentradas nos topos de edifícios da av. Paulista. Segundo dados fornecidos pelo Dentel-Departamento Nacional de Telecomunicações, existem 11 emissoras instaladas nessa área. Com base nessa distribuição, a amostragem foi orientada para essa avenida, onde alguns pontos foram selecionados para a realização de medições:

- Ponto 1: av. Paulista, esquina com a rua da Consolação
- Ponto 2: av. Paulista, em frente ao parque Siqueira Campos
- Ponto 3: av. Paulista n° 91
- Ponto 4: av. Paulista n° 52 (perto da praça Oswaldo Cruz)
- Ponto 5: av. Paulista n° 1.009 (22° andar - interna)
- Ponto 6: av. Paulista n° 900 (14° andar - cobertura Edifício Gazeta)
- Ponto 7: av. Paulista n° 810 (15° andar - cobertura)
- Ponto 8: av. Paulista n° 509 (21° andar - cobertura)

Dois tipos distintos de amostragens foram realizados: o primeiro, na rua ao nível do solo (ponto de 1 a 4) e outro, nos edifícios, em escritório fechado e em coberturas (pontos de 5 e 8).

Para tais medições foram utilizados equipamentos instalados em uma unidade móvel e um aparelho portátil (Field Strength Meter HFV), todos da linha alemã Rohde Schwarz, pertencentes ao Dentel. Ambos são medidores de intensidade de campo de banda estreita com frequência sintonizável acoplados a antenas receptoras calibradas.

Com base nas medições de intensidade de campo elétrico, foram calculadas as densidades de potência.

RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos nas medições dos campos elétricos, foram calculadas as densidades de potência (S) para cada ponto de amostragem, somando-se as contribuições das várias emissoras de FM e TV. Os dados estão na Tabela 1 e os valores dos pontos de 1 a 4 referem-se às medições externas feitas ao nível do solo, enquanto que nos pontos 5 a 8, os valores são relativos às medições em edifícios.

TABELA 1 - Dados sobre Densidades de Potência

Pontos	Densidade de Potência S($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)		
	FM	TV	Total
1	11,6	2,6	14
2	8,6	11,0	20
3	5,6	0,4	6
4	0,8	0,1	1
5	0,2	0,02	0,2
6	336,0	0,1	336
7	4,0	0,1	4
8	56,0	8,4	64

DISCUSSÃO

As medições de intensidade de campo tiveram como ponto de partida o final da av. Paulista com a rua da Consolação, local em que comumente se detecta, através do rádio do automóvel, as misturas de sinais, resultantes das várias emissões, reflexões ou produtos de modulação das ondas de rádio. Verifica-se pelos valores de densidade de potência S obtidos nos pontos 1 a 4 que as emissões das FMs são superiores às emissões das TVs, basicamente, pelo maior número de

estações, tipo de polarização e distância das antenas com relação aos pontos de amostragem. No ponto 2, parque Siqueira Campos, existe um predomínio das emissões de TV oriundas do Canal 5. Trata-se de um local sem barreiras e nas proximidades da torre. Os dados revelam que ao nível do solo, as emissões de energia por RF ficam limitadas às redondezas da antena irradiante. Nesse sentido, cabe uma observação feita por Bini et al, 1980, que se refere a esses casos próximos às antenas como *pontos quentes*, isto é, regiões onde os campos E e H atingem intensidades elevadas.

Comparando-se os dados publicados pela EPA - Environmental Protection Agency (Tell e Mantiplly, 1980) com os níveis encontrados em São Paulo, nota-se que são de mesma ordem de grandeza. São todos na faixa de $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, embora tenham sido detectadas densidades de potência 15 a 20 vezes superiores à média norte-americana, que é de $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

Como já citado, do ponto cinco ao oitavo as medições foram realizadas em edifícios. O valor obtido em um escritório localizado no 22° andar (ponto 5) com as janelas cerradas foi o menor encontrado na amostragem, mesmo estando a 200 m dos elementos irradiantes do Canal 5 de TV. Alguns fatores concorrem para tal: atenuação oferecida pelos materiais da construção e, provavelmente, a armação de ferro dessa janela, que pode ter funcionado como gaiola de Faraday, limitando o campo eletromagnético à superfície externa. Por outro lado, o maior valor de S ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) foi medido na cobertura do Edifício Gazeta (ponto 6), sob a torre de transmissão de FM e TV. É interessante observar os baixos valores da TV em comparação à emissão de FM. Pela teoria, não deveriam existir campos intensos sob torres que suportam antenas de UHF e VHF, pois a irradiação deve se concentrar no plano horizontal ao elemento irradiante. No entanto, isso não foi verificado na medição, pois obteve-se campo de elevada intensidade, que resultou na densidade de potência de $336 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Valores dessa magnitude poderiam ser preocupantes caso fosse um local de alta frequência de público. Esse ponto é atenuado, uma vez que o acesso ao local é restrito aos técnicos das emissoras. Todavia, existem prédios residenciais bastante próximos à base da torre.

Em outro prédio comercial (ponto 7), com linha de visada para algumas antenas e no 15° andar, o nível encontrado foi de $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pelos dados da tabela, nota-se que esse foi o menor valor obtido em coberturas. Esse fato se deve à distância do edifício com relação às antenas emissoras.

O último local amostrado apresenta um fato agravante. Há, no topo do prédio, a torre de transmissão da FM 92,9 MHz, e logo abaixo existe um solário. A distância entre os elementos irradiantes da antena e as pessoas que ali circulam é da ordem de 50 m na diagonal. Além disso, o local possui linha de visada, sem obstáculos, para antenas de outras emissoras. Com todos esses agravantes, a densidade de potência calculada com base no campo elétrico E (V/m) foi de $64 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Esse tipo de situação deveria ser evitado, através da limitação da presença humana e pela prévia avaliação do local por ocasião da instalação da antena.

Comparando-se as densidades de potência apresentadas na Tabela 1, com o padrão de proteção à saúde de $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ da norma n° C 95.1-1982 da ANSI-American National Standard Institute para essa faixa do VHF, verifica-se que as radiações medidas encontram-se em níveis inferiores a esse critério, estabelecido para a proteção contra efeitos térmicos nos seres humanos. Em contrapartida, estão acima do critério soviético de $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ sugerido para efeitos não térmicos (Michaelson, 1982). Entretanto, na literatura sobre o assunto, não existem dados precisos de que esses valores encontrados na av. Paulista realmente provoquem alterações prejudiciais no organismo humano. Essa faixa do VHF foi pouco estudada, comparativamente, às micro-ondas e assim, devido às limitações das pesquisas nesta faixa do espectro, muitas dúvidas ainda precisam ser elucidadas.

CONCLUSÃO

Do exposto neste trabalho, configura-se a existência de um risco potencial na área de saúde ambiental, uma vez que os dados obtidos revelaram níveis de radiação superiores ao critério soviético, embora sejam inferiores aos limites de segurança estabelecidos pelos padrões de proteção à saúde vigentes nos Estados Unidos e outros países.

Todavia, inexistem na literatura internacional indicações seguras de que os valores de densidade de potência encontrados neste estudo induzam, de fato, efeitos adversos sobre a saúde da população.

Cabe ressaltar, no entanto, que a amostragem ficou limitada a alguns pontos e, dada a presença de inúmeros edifícios próximos às fontes emissoras de radiação, presume-se que alguns desses locais possam apresentar níveis de energia superiores àqueles obtidos. Além disso, pouco conhecimento existe sobre os efeitos das exposições crônicas.

Não se pode deixar de mencionar, contudo, que a expansão das aplicações de radiofrequência nas mais variadas atividades humanas incrementa o grau de exposição humana, com conseqüente risco à saúde.

REFERÊNCIAS

- McREE, D.I. - 1974. Biological Effects of Microwave Radiation. Journal of the Pollution Control Association, vol. 242, pp.122-129.
- LERNER, E.J. - 1980. RF Radiation: Biological Effects IEEE Spectrum - dezembro, pp.51-59.
- MICHAELSON, S.M. - 1982. Microwave and Radiofrequency Radiation in Nonionizing Radiation Protection, Série Européia n° 10, Copenhagen, 266 p.
- BINI, M.G. et al. - 1980. A Comparative Analysis of the Various Potentially Polluting RF Sources. Alta Frequenza, vol. 492, março-abril, pp. 76-84.
- TELL, R.A. e MANTIPLY, E.D. - 1980. Population exposure to VHF and UHF Broadcast Radiation in the United States. Proceedings of the IEEE, vol. 681 janeiro, pp. 6-12.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE - 1982. Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Field, 300 KHz to 100 GHz. ANSI C95-1, 23 p.
- CETESB - 1986. Radiações Não Ionizantes na Faixa de VHF. Relatório Interno. São Paulo.

FORMAS DE HABITAR EM CUBATÃO. SUBSÍDIOS PARA A AVALIAÇÃO DE SAÚDE AMBIENTAL

Celina Franco Bragança¹
Lucia Carmen Cardinale Opdebeek²

RESUMO - A poluição ambiental provocada pelo complexo industrial em Cubatão tem sido apontada de forma intensa como causa de doenças. Entretanto, a magnitude da influência da poluição não fica clara e seria incorreto atribuir somente a ela os problemas de saúde existentes em Cubatão.

Tais problemas são também reflexo das condições sócio-econômicas e da ausência de infra-estrutura, e por esta razão se fez necessária esta pesquisa sobre habitação, como um dado de saúde, de planejamento e de economia, integrado ao meio ambiente.

ABSTRACT - The environmental pollution provoked by Cubatão industrial complex is pointed out in intensive way as cause of illness. Meanwhile, the pollution influence magnitude is not only cause and will be incorrect to attribute to it the health problem existing in Cubatão. The problem reflects also on socio-economics conditions and absence of infra-structure. This is the reason why it was necessary this research about habitation, as a data of health, planning and economy integrated with environment.

INTRODUÇÃO

Este trabalho fez parte de uma pesquisa sobre avaliação toxicológica da exposição a agentes químicos do meio ambiente⁽³⁾, que correlacionou a presença de contaminantes com a absorção pelo organismo e os efeitos sobre a saúde.

Realizada paralelamente, a pesquisa domiciliar acompanhou o trabalho, permitindo inferir, a partir da avaliação das condições de vida da população, a correlação entre determinados fatores - habitação, alimentação, saneamento - e o quadro de saúde apresentado.

A amostragem foi obtida com crianças na faixa etária de quatro a cinco anos, matriculadas nas EMEIs - Escolas Municipais de Educação Infantil, de Cubatão, entre setembro e dezembro de 1983.

METODOLOGIA APLICADA

Inicialmente, foram observados os entornos imediatos das 12 EMEIs, com a finalidade de homogeneizá-las em áreas mais características.

Determinaram-se então, quatro macroáreas (ver Figura 1) com tipologias e aglomerados semelhantes, nelas inserindo-se, por vezes, mais de uma escola em cada uma:

A.1 - Centro: área totalmente urbanizada, com serviços de infra-estrutura. No caso, Vila Elizabete foi considerada integrante da área 1 por sua proximidade à área central.

A.2 - Casqueiro: área totalmente urbanizada, com serviços de infra-estrutura. Possui residências de médio e alto padrão, sendo considerado o melhor bairro da cidade.

A.3 - Vila Parisi, Vila São José e Vila dos Pescadores: a Vila Parisi localiza-se no conglomerado industrial, recebendo alta carga de poluentes. É um conjunto de subabitações, desprovido de rede de esgotos, os quais escoam em valas a céu aberto. Tais condições se assemelham às de Vila São José e Vila dos Pescadores.

A.4 - Vila Natal e Cota 200: assemelham-se na sua origem (são núcleos de trabalhadores formados a partir das construções das rodovias) na situação jurídica (não existe posse legal da terra) e na sua localização (distantes do centro industrial de Cubatão). A Vila Natal é um núcleo relativamente recente - tem aproximadamente 12 anos - com ocupação bastante acentuada nos últimos três anos. A cota 200 é antiga, datando da década de 40, ocupando aclives íngremes que merecem atenção pela possibilidade de desmoronamento.

O passo seguinte foi a subamostragem da população, sorteada entre as 326 crianças, das quais já havia sido coletado sangue e urina para exames. Nesta subamostragem de 40 crianças - dez para cada área homogeneizada - aplicou-se um questionário durante a visita domiciliar, com a finalidade de levantar dados sobre habitação, hábitos alimentares, condições de saúde e orçamento familiar.

Neste trabalho são apresentados apenas dois casos de cada área e os resultados tabulados para as quatro áreas.

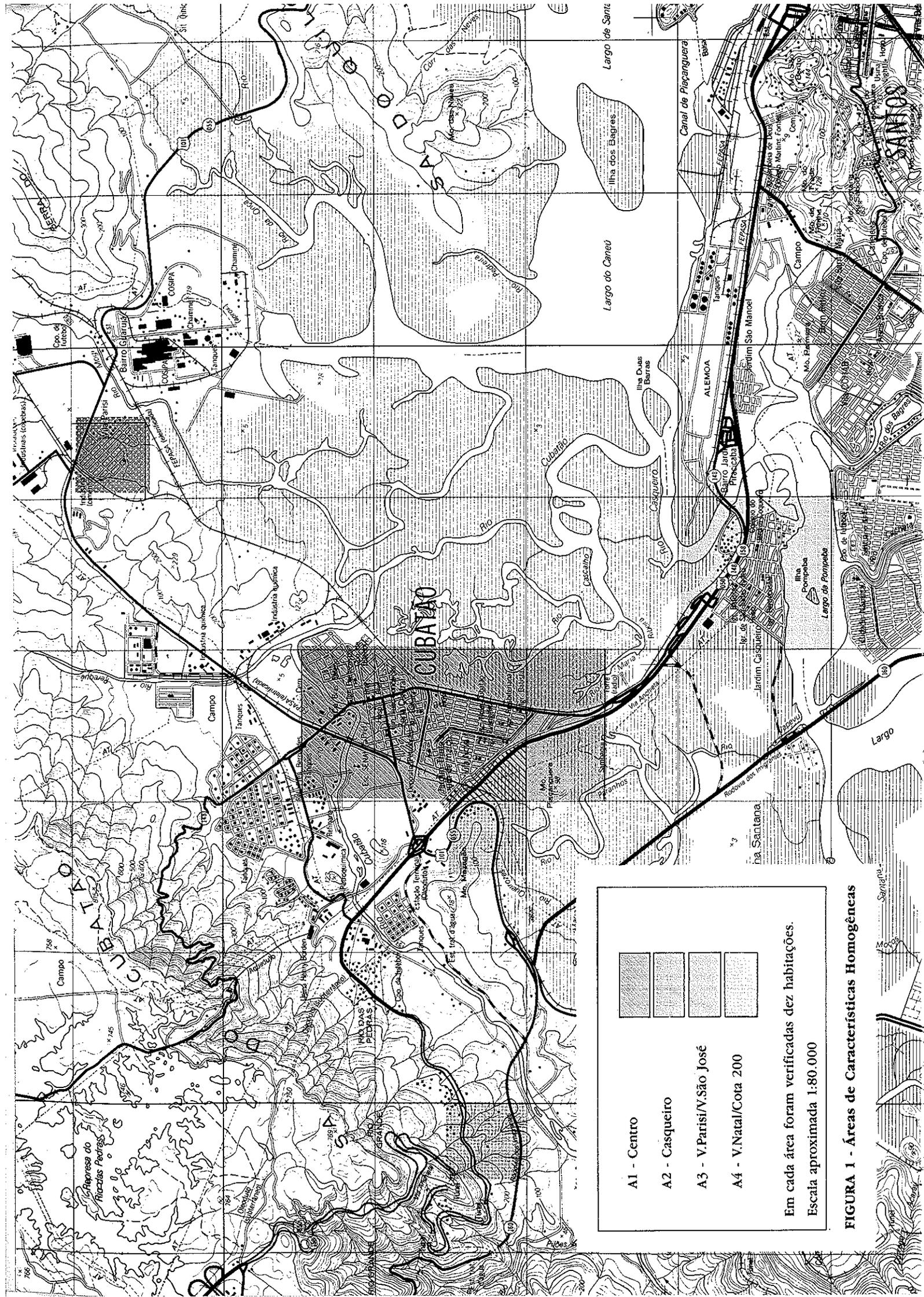
Área 1 - Centro

Criança nº 108 - Habitação própria, simples, de madeira, mas muito bem conservada, limpa e arejada. Possui piso encerado, tapetes e cortinas. O pai é empregado da Ultrafertil, percebendo cinco salários-mínimos ao mês. Desta quantia, quase a metade é gasta na dieta alimentar da família (quatro pessoas). Consomem diariamente leite, pão, café, arroz, feijão, carnes e verduras. Beneficiam-se da criação de galinhas e de uma pequena horta cuidada pelos avós maternos, que moram no mesmo lote mas em outra casa. A água utilizada para beber é filtrada (ver Figura 2).

¹ Arquiteta da CETESB

² Assistente Social da CETESB

⁽³⁾ CETESB - Avaliação toxicológica de exposição da população infantil de Cubatão a poluentes químicos do meio ambiente. São Paulo, 1983. 221 p.



A1 - Centro	
A2 - Casqueiro	
A3 - V. Parisi/V. São José	
A4 - V. Natal/Cota 200	

Em cada área foram verificadas dez habitações.
Escala aproximada 1:80.000

FIGURA 1 - Áreas de Características Homogêneas

Crianças n°s 313 e 320 - Habitação construída em fundo de lote, arejada e ensolarada. Alugada por 0,4 salários-mínimos, abriga o casal e quatro crianças. O chefe da família é pedreiro, percebendo três salários-mínimos mensais. Trabalha na prefeitura. Da alimentação, consta apenas o básico: café com leite e arroz com feijão, consumindo-se carne apenas uma vez por semana. As verduras, que poderiam ser produzidas no próprio local, não constam da alimentação. A água consumida é da torneira, depois de armazenada na caixa d'água (ver Figura 3).

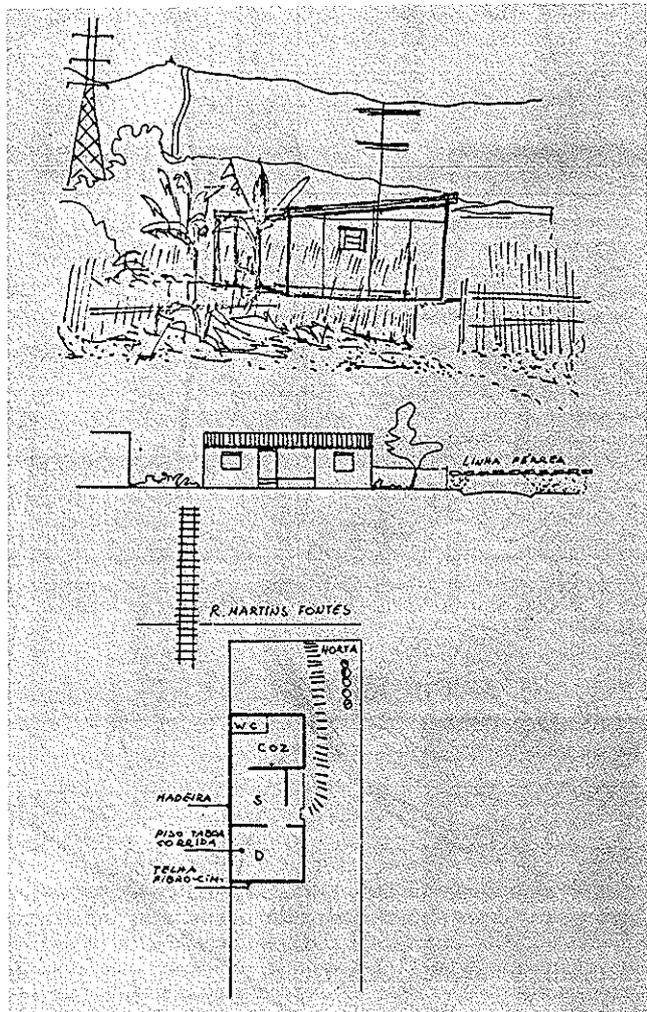


FIGURA 2 - Criança n° 108 (habitação 36 m², um casal e duas crianças)

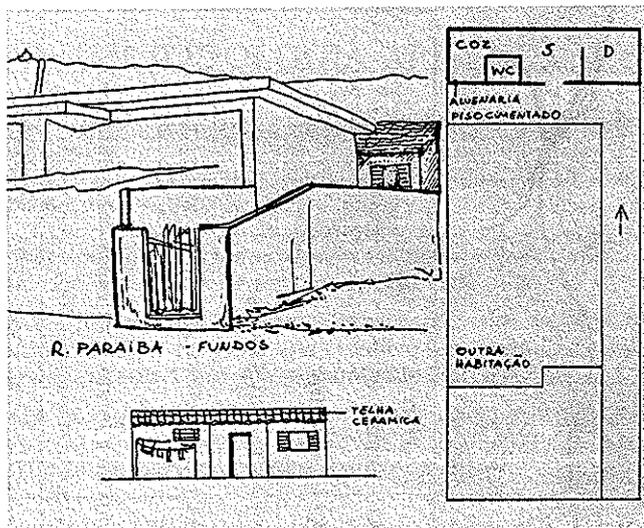


FIGURA 3 - Crianças n°s 313 e 320 (habitação 30 m², um casal e quatro crianças)

Área 2 - Casqueiro

Criança n° 008 - Habitação mista, de madeira e alvenaria, localizando-se ao lado da EMEI. É casa alugada, ocupada pela família há mais de 20 anos; simples, mas limpa, arejada e com distribuição interna bem resolvida e suficiente para os habitantes. Não possuem caixa d'água; utilizam-se de filtro de cerâmica. São sete pessoas na família, cuja renda é de cinco salários-mínimos, assim distribuídos: 0,6 SM para o aluguel; 0,18 para gastos com água, luz e gás; 4,2 para alimentação e vestuário; não há despesas com transporte. Possuem horta e algumas árvores no terreno (ver Figura 4).

Criança n° 032 - Habitação térrea, bem localizada no lote, permitindo boa iluminação e ventilação. É bem conservada e sua distribuição interna foi modificada para permitir espaço para confecção e venda de artesanato, o que amplia consideravelmente a renda familiar, que se encontra na faixa de nove a dez salários-mínimos. Esta quantia permite à família ter uma alimentação equilibrada, que inclui leite, ovos, verduras e frutas, ao lado do básico. Tem caixa d'água e a água para beber é filtrada (ver Figura 5).

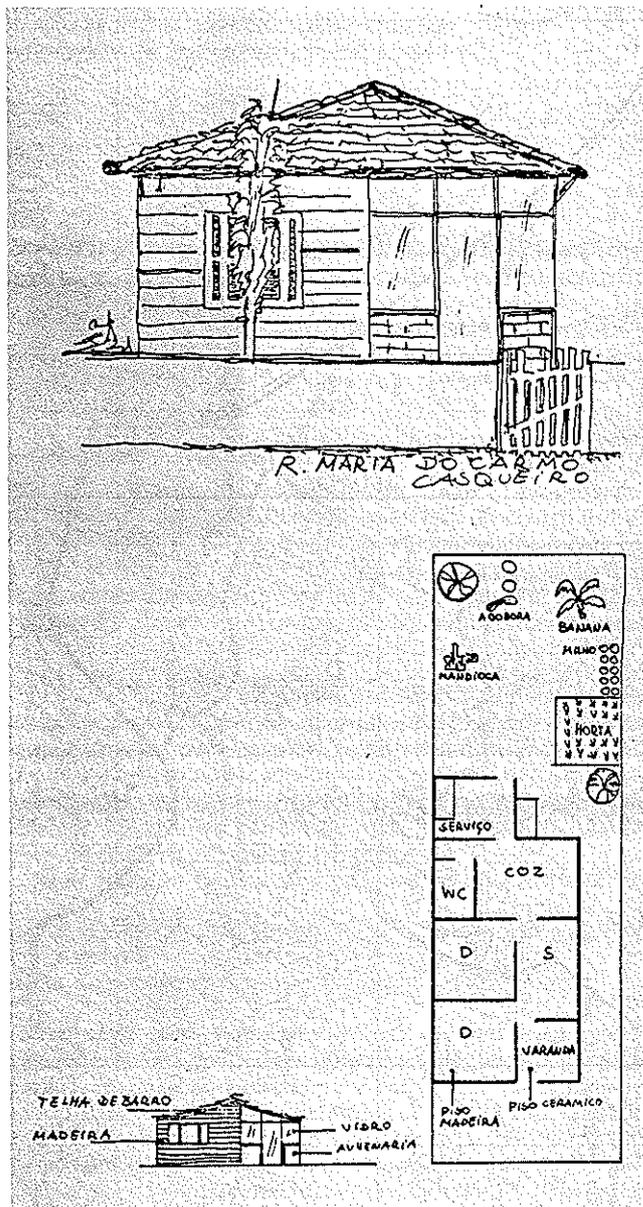


FIGURA 4 - Criança n° 08 (habitação 80 m², um casal e cinco crianças)

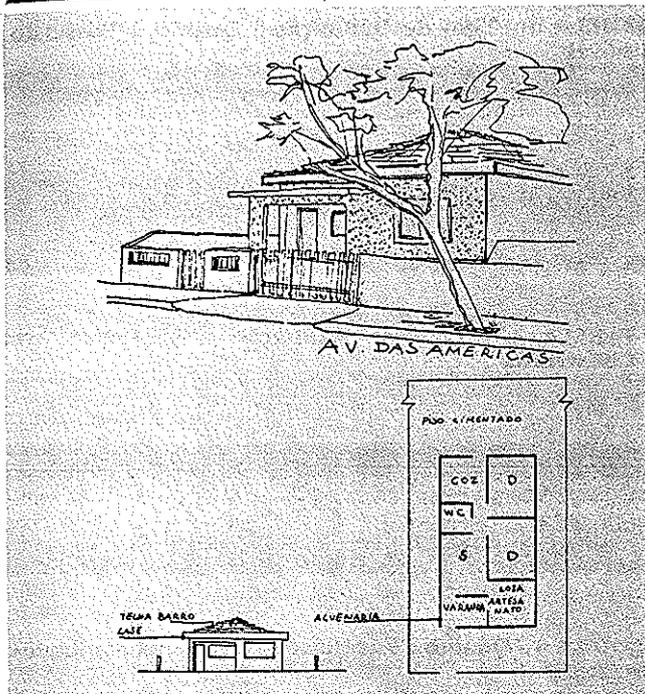


FIGURA 5 - Criança nº 032 (habitação 66 m², um casal e três crianças)

Área 3 - Vilas São José e Parisi

Criança nº 052 - Palafita construída sobre o mangue, com acesso precário e perigoso devido às tábuas soltas das pinguelas. Localizada nos fundos de outra moradia, seu estado é péssimo: as tábuas mal pregadas e furadas permitem a entrada de insetos; não há ventilação a não ser pelas frestas, e a cobertura é de telhas plásticas. Os pais trabalham, percebendo no total dois salários-mínimos mensais. Os filhos do casal ficam sob responsabilidade da vizinha, que permite que crianças de três a cinco anos brinquem na pinguela, sendo frequentes os tombos na água. Da alimentação da família, consta: café com pão e arroz com feijão. Para esta criança, é de grande valia a merenda oferecida na escola. Há luz elétrica no barraco, porém a canalização de água chega somente até o barraco da frente. A água para beber é armazenada em moringas de barro (ver Figura 6).

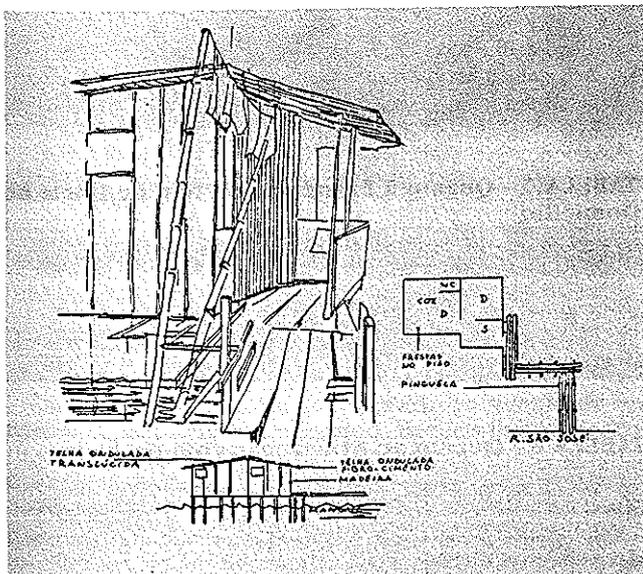


FIGURA 6 - Criança nº 52 (habitação 30 m², um casal e duas crianças)

Criança nº 280 - Moradia típica da Vila Parisi, com cômodos muito pequenos, construídos em alvenaria com cobertura de telhas de barro francesas e piso cimentado. Não há janelas, mantendo-se as paredes constantemente úmidas. As instalações sanitárias são externas, como acontece na maior parte das moradias do bairro, delas se utilizando as três famílias que habitam no mesmo lote. É evidente que, em tais condições, há falta de higiene. Os pais trabalham, percebendo três salários-mínimos, para sustentar o casal e cinco filhos, razão pela qual a alimentação é deficiente, constituindo-se apenas de arroz e feijão e café com pão. A subalugação é alugada por 0,1 SM. A canalização de água serve apenas ao banheiro e tanque externos (ver figura 7).

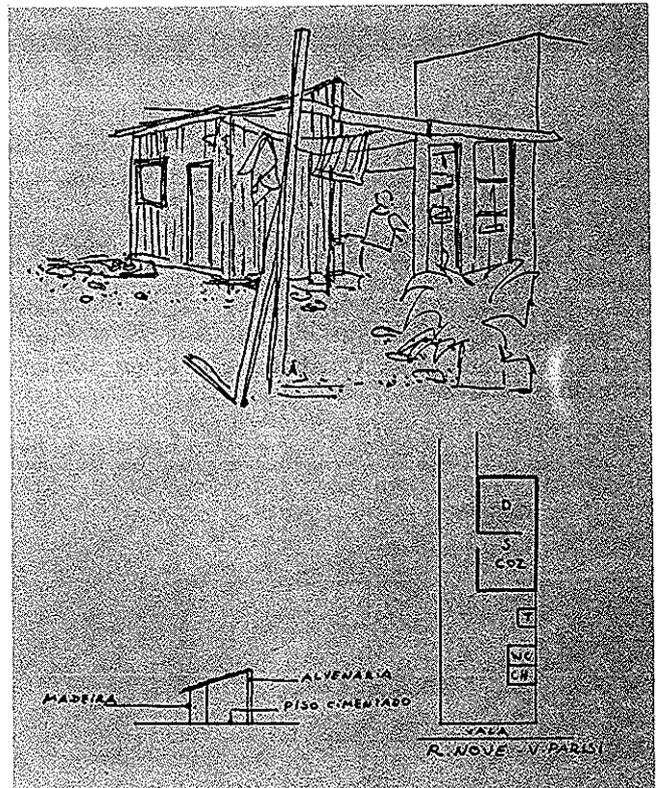


FIGURA 7 - Criança nº 280 (habitação 18 m², um casal e três crianças).

Área 4 - Cota 200 e Vila Natal

Criança nº 171 - Habitação de madeira, implantada no local desde o início da formação do núcleo da Cota 200. O proprietário nasceu, constituiu família e continua residindo na mesma casa. É uma das melhores habitações da área. Rodeada por arbustos, é limpa, bem conservada, arejada e iluminada. A renda familiar é de 2,5 SM, 50% da qual é despendida com a alimentação do casal e três crianças. O consumo diário é o básico: arroz e feijão, acrescido de verduras, ovos ou carne. A água armazenada na caixa é filtrada, destinada a beber (ver Figura 8).

Criança nº 211 - Barraco construído no início da invasão da área, aos poucos melhorado. Como o banheiro ainda não está terminado, utilizam-se do banheiro da casa vizinha. Casa limpa, com piso cimentado. O chefe da família é pintor, percebendo mensalmente 1,5 SM, para sustentar três pessoas. Da alimentação constam café, leite, pão, arroz, feijão e, às vezes, carne e verduras. O pagamento de contas de água e luz é rateado com os moradores de barracos vizinhos, que se utilizam de um único registro (ver Figura 9).

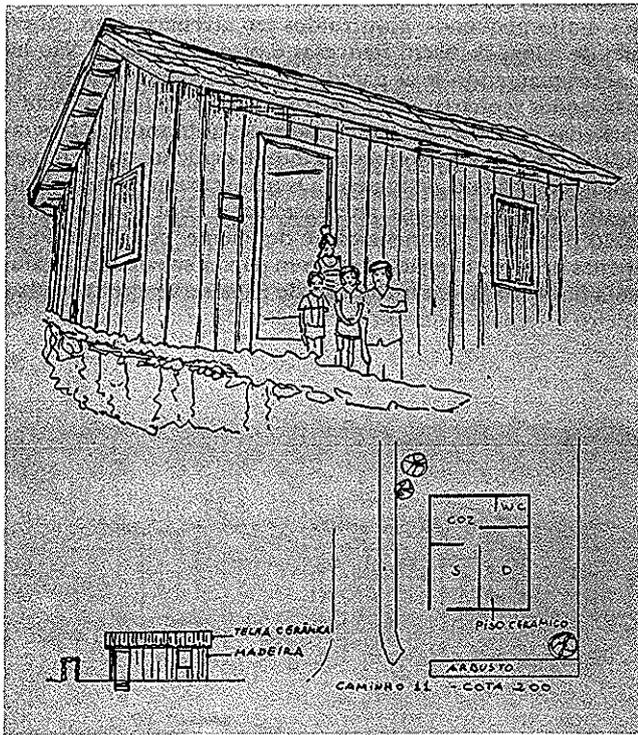


FIGURA 8 - Criança n° 171 (habitação 42 m², um casal e duas crianças)

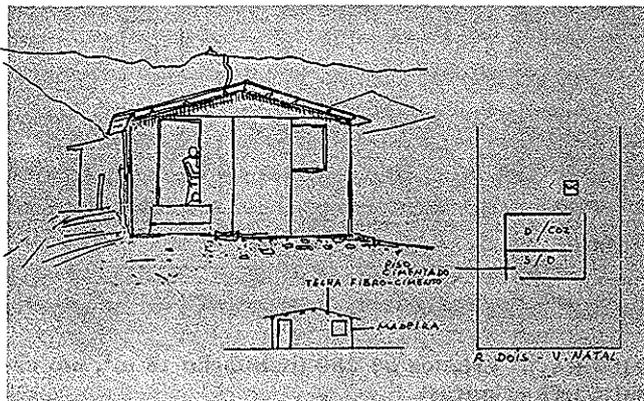


FIGURA 9 - Criança n° 211 (habitação 24 m², um casal e três crianças)

QUANTIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Conhecidas as condições de habitação, de modo a enfatizar suas possíveis correlações com níveis de saúde de seus habitantes, e na tentativa de quantificar os resultados, foram adotadas as categorias constantes das Tabelas 1 a 9.

TABELA 1 - Tipo de Habitação - Quanto à Estabilidade e Perenidade do Material Utilizado

Habitação	Nº Pesquisado	Porcentagem
I - improvisada de madeira	11	27,5
Ca - consolidada de alvenaria	20	50,0
Cm - consolidada de madeira	05	12,5
Ca/m - consolidada de alvenaria e madeira	04	10,0

TABELA 2 - Tipo de Habitação - Quanto à Posse do Imóvel

Habitação	Nº Pesquisado	Porcentagem
P - própria	09	22,5
A - alugada	13	32,5
CD - cedida	02	5,0
PI - própria em área invadida	14	35,0

TABELA 3 - Tipo de Habitação - Conforme Área Construída

Habitação	Nº Pesquisado	Porcentagem
C.1 - até 30 m ²	16	40
C.2 - de 31 a 50 m ²	12	30
C.3 - de 51 a 79 m ²	08	20
C.4 - mais de 80 m ²	04	10

TABELA 4 - Quanto à Localização e Uso dos Sanitários

Uso/Local	Nº Pesquisado	Porcentagem
B.1 - banheiro coletivo interno	1	2,5
B.2 - banheiro coletivo externo	5	12,5
B.3 - banheiro individual externo	5	12,5
B.4 - banheiro individual interno	29	72,5

TABELA 5 - Quanto à Situação de Emprego

Situação	Nº Pesquisado	Porcentagem
E - empregado	33	82,5
D - desempregado	3	7,5
A - aposentado	3	7,5
sem declaração	1	2,5

TABELA 6 - Quanto à Renda Familiar

Renda Familiar	Nº Pesquisado	Porcentagem
S.0 - sem rendimento	3	7,5
S.1 - até 3 SM	22	55,0
S.2 - de 3 a 5 SM	4	10,0
S.3 - de 5 a 10 SM	7	17,5
S.4 - mais que 10 SM	1	2,5
sem declaração	3	7,5

TABELA 7 - Quanto à Existência ou Não de Horta no Domicílio

Horta	Nº Pesquisado	Porcentagem
N - não há	33	82,5
S - há	6	15,0
sem declaração	1	2,5

TABELA 8 - Quanto ao Armazenamento de Água

Caixa d'água	Nº Pesquisado	Porcentagem
C - com caixa d'água	18	45,0
SC - sem caixa d'água	21	52,5
sem declaração	1	2,5

TABELA 9 - Síntese dos Resultados Obtidos Através dos Questionários

Área	Nº da Criança	Nº de Cômodos	Nº de Pessoas	Relação Pessoa/Cômodos	Tipo Habitação Material	Tipo Habitação Área	Tipo Habitação Posse	Banheiro	Caixa D'água	Horta	Situação de Emprego	Renda Familiar
1	320	3	6	2	Ca	C.1	A	B.4	C	N	E	S.1
	313											
1	134	4	5	1,25	Ca	C.4	A	B.4	C	N	A	S.1
1	130	2	5	2,5	Ca	C.1	A	B.4	C	N	E	S.1
1	121	4	6	1,5	Ca	C.2	C	B.4	C	N	E	S.1
	128											
1	109	4	5	1,25	Ca	C.3	P	B.4	C	N	E	S.3
1	108	3	4	1,33	Cm	C.2	P	B.4	SC	S	E	S.3
1	106	3	4	1,33	Ca	C.2	P	B.4	C	N	E	S.2
1	99	3	8	2,6	Ca/m	C.2	A	B.3	SC	N	E	S.2
1	74	4	5	1,25	Ca	C.3	A	B.4	SC	N	E	S.1
1	72	3	3	1	Ca	C.4	-	B.4	-	-	-	-
2	8	3	7	2,3	Ca/m	C.4	P	B.4	C	S	E	S.2
2	36	3	4	1,33	Ca	C.3	P	B.4	C	N	E	S.3
2	35	3	5	1,6	Ca	C.2	P	B.4	SC	N	D	S.0
2	32	5	5	1	Ca	C.3	P	B.4	C	N	E	S.3
2	18	2	6	3	Ca/m	C.3	A	B.4	SC	N	E	S.3
2	22	3	4	1,33	Ca	C.2	P	B.4	C	N	E	S.3
2	15	4	4	1	Ca	C.3	P	B.4	C	N	E	S.3
2	33	5	5	1	Ca	C.3	-	B.4	C	N	E	-
2	24	6	4	0,6	Ca	C.4	A	B.4	C	N	E	S.4
2	23	3	8	2,6	Ca	C.3	A	B.4	C	S	A	S.1
3	280	2	5	2,5	Ca	C.1	A	B.2	C	N	E	S.1
3	297	2	4	2	Ca	C.1	A	B.2	SC	N	E	-
3	262	2	7	3,5	Ca	C.1	A	B.4	C	N	E	S.1
3	291	2	5	2,5	Ca	C.1	A	B.2	SC	N	D	S.0
3	255	3	5	1,6	I	C.1	A	B.2	SC	N	E	S.1
3	59	3	3	1	Cm	C.2	PI	B.4	SC	N	A	S.1
3	52	2	4	2	I	C.2	PI	B.4	SC	N	E	S.1
3	60	3	7	2,3	I	C.2	PI	B.4	SC	N	E	S.1
3	61	1	6	6	I	C.1	PI	B.1	C	N	E	S.1
3	64	2	5	2,5	Cm	C.1	PI	B.4	C	S	E	S.1
4	171	3	5	1,6	Cm	C.2	PI	B.4	SC	N	E	S.1
4	170	3	4	1,3	Cm	C.2	PI	B.4	SC	N	E	S.2
4	172	2	6	3	I	C.1	PI	B.2	SC	N	E	S.1
4	179	3	4	1,3	Ca/m	C.1	PI	B.4	SC	N	D	S.0
4	177	3	4	1,3	I	C.1	PI	B.4	SC	N	E	S.1
4	222	3	7	2,3	I	C.2	CD	B.3	SC	N	E	S.1
4	226	3	6	2	I	C.1	PI	B.3	SC	N	E	S.1
4	210	2	5	2,5	I	C.2	PI	B.4	SC	S	E	S.1
4	211	2	5	2,5	I	C.1	PI	B.3	SC	N	E	S.1
4	231	2	6	3	I	C.1	PI	B.3	SC	S	E	S.1

A MODO DE SÍNTESE

Embora o material coletado tenha relativo significado em termos de amostragem e, portanto, algumas limitações, ele sugere uma idéia sobre a forma como habita a população de Cubatão, permitindo algumas observações que têm relação direta com o quadro de saúde física. Tais observações dizem respeito principalmente às áreas 3 e 4, onde a falta de saneamento básico associada à ausência de hábitos higiênicos, ainda agravadas pela precariedade da moradia ou pela alimentação deficiente, favorecem principalmente as doenças de veiculação hídrica e a proliferação de moléstias infecto-contagiosas.

As tentativas de avaliar a salubridade da casa ou do meio habitacional foram feitas apenas no sentido qualitativo, pois inexistem parâmetros sanitários e habitacionais que permitam relacionar com outros indicadores, tais como índices de mortalidade, de morbidade ou densidade demográfica da moradia. Além disso, como já foi mencionado, a insalubridade habitacional está sempre associada a outros fatores, impossibilitando a análise isolada da relação saúde/habitação.

Em Cubatão se faz presente a poluição ambiental, provocada pelo complexo industrial. Esta tem sido apontada de forma intensa como causa de doenças. Entretanto, a magnitude da influência da poluição não fica concisa e seria incorreto atribuir somente a ela os problemas de saúde existentes em Cubatão. Tais problemas são também reflexo das condições sócio-econômicas e da ausência de infra-estrutura. E por esta razão se fez necessária esta pesquisa sobre habitação, como um dado de saúde, de planejamento e de economia, integrado ao meio ambiente.