

# Lançamento de esgotos em manguezais. Considerações sobre aspectos ecológico-sanitários na Ilha de São Luís, MA

Lúcio Antônio Alves de Macedo (1)  
Aristides Almeida Rocha (2)

## 1. INTRODUÇÃO

Na história das cidades constroem-se, inicialmente, redes coletoras destinadas a afastar os refugos das habitações. A transferência pura e simples dos dejetos para os corpos de água receptores mais próximos, em pouco tempo revela precariedade, poluindo-os maciçamente, na medida em que o crescimento das cidades e, conseqüentemente, das cargas poluidoras acarreta idênticas incomodidades e degradação do meio ambiente, estendidas, em seguida, à área mais ampla. Quando esta prática não mais é suficiente para eliminar os inconvenientes da degradação dos recursos hídricos de que dependem a própria cidade e/ou as atividades das regiões de jusante, torna-se impositiva a implantação de sistemas de tratamento de esgotos que removam parcela da carga poluidora e permitam às águas alcançar a qualidade indispensável ao cumprimento das funções a que se destinam. Estes tratamentos devem ser suficientes para remover, no mínimo, o excedente da carga poluidora que o corpo receptor pode autodepurar, sem a perda da qualidade mínima desejada para suas águas.

Vê-se, pois, que o tratamento mínimo necessário depende da qualidade desejada para as águas, das cargas poluidoras geradas nas cidades e nelas lançadas e das características de autodepuração do corpo receptor. No caso particular do lançamento dos esgotos em manguezais, o controle da poluição dos estuários vem evoluindo da perspectiva predominantemente corretiva, para outra, preventiva no planejamento do uso e ocupação das áreas de manguezais e na fixação da qualidade mínima das águas que com ele se compatibilizem.

Nesse contexto se incluem os estudos de avaliação de impactos ambientais ocasionados pelo lançamento

de esgotos "in natura" em manguezais e a verificação ou avaliação da capacidade de depuração de efluentes em manguezais, com a finalidade de controlar e minimizar os efeitos resultantes dessa prática sobre o meio físico e as repercussões sobre a flora, a fauna e sobre o próprio homem.

Branco e Rocha (3) ressaltam que o lançamento direto ou indireto de cargas poluidoras em manguezais pode, dentre outras, provocar as seguintes alterações:

— o decréscimo da capacidade fotossintetizante dos organismos produtores, através da redução da penetração de luz solar no ambiente;

— o estímulo ao crescimento de vegetais indesejáveis pelo aumento de nutrientes e matéria orgânica;

— a eliminação de espécies, muitas vezes de significativo valor comercial, destruindo elos da cadeia alimentar;

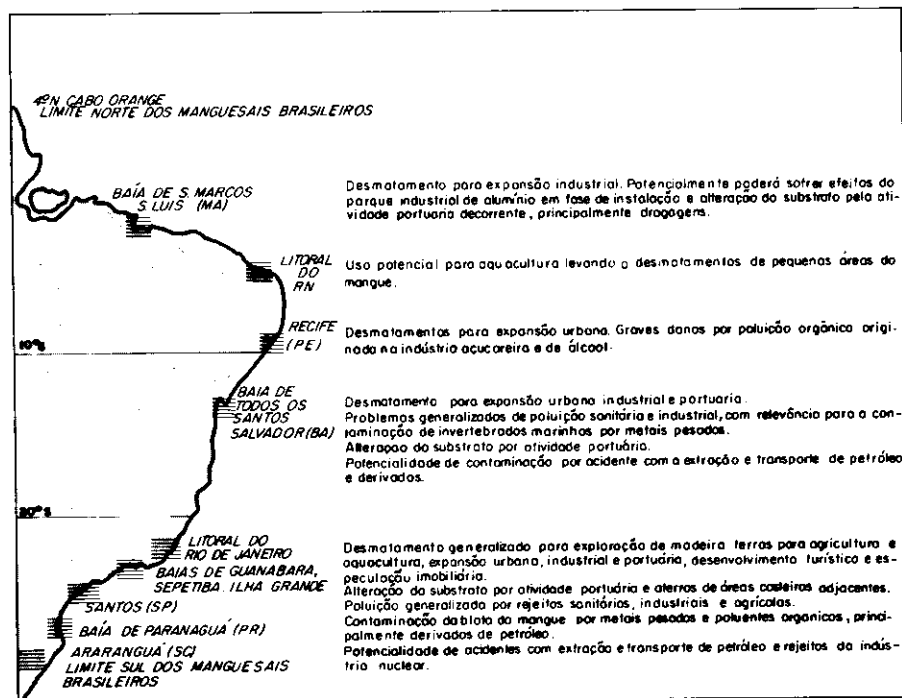
— a degradação da qualidade do ambiente, tornando-o impróprio ao desenvolvimento de certos organismos

como, por exemplo, a redução dos teores de oxigênio dissolvido, alterações bruscas de temperatura e pH;

— o decréscimo da biomassa pela eliminação de certos organismos consumidores importantes, ou pela impossibilidade das mesmas de atingirem a região de consumo.

Para Odum e Johannes (11) que estudaram a utilização racional dos manguezais como estações naturais de tratamento de esgotos, os solos podem funcionar como receptores eficientes de nutrientes e meios extraordinários para a remoção do nitrogênio que se encontra no esgoto, através da desnitrificação. Certas características (ainda de acordo com esses autores) das comunidades de mangues sugerem seu uso para tratamento terciário de esgotos podendo-se alinhar as seguintes:

— as partículas muito finas de argila que compõem o substrato dos manguezais possuem alta capacidade de absorver e adsorver nutrientes;



FONTE: Rev. CIENCIA HOJE, vol. 3, nº13, 1984

Figura 1 — Ameaças aos principais manguezais brasileiros

(1) Engenheiro civil e de Saúde Pública, mestre em Saúde Pública na USP, professor assistente da Universidade do Estado do Maranhão.

(2) Professor livre-docente da Faculdade de Saúde Pública da USP, e da Escola de Engenharia Mauá, consultor da OPS/OMS e biólogo da Cetesb.

— o substrato do manguezal possui um micromosaico de condições aeróbias e anaeróbias que favorecem a desnitrificação (a produção de nitrogênio gasoso a partir de nitratos), processo este também facilitado pelas condições alteradas de inundação e ressecamento e pela presença de alta taxa de matéria orgânica;

— os manguezais necessitam de um "input" contínuo de nutrientes para manter sua produtividade; esse "input" pode ser fornecido pelo esgoto, inclusive, o que poderia aumentar sua produtividade para o benefício de todo o estuário.

O Brasil com mais de 9 mil km de costa e tendo grande parte de suas principais cidades situadas na faixa litorânea, tem em si problemas dos mais atuais, quanto aos impactos ambientais decorrentes da utilização dos manguezais. Nesse sentido, a Revista Ciência Hoje, volume 3, n.º 13, de 1984, apresenta uma sinopse da situação atual dos manguezais do Brasil, representada na figura 1, na página anterior.

O presente trabalho tem por objetivo discutir e estudar as implicações ecológico-sanitárias do lançamento de esgotos em manguezais, procurando balizar a utilização dos manguezais como corpos receptores, sob dois aspectos básicos:

a) uso de forma indiscriminada para lançamento final de esgotos "in natura" nos manguezais;

b) uso de forma racional para tratamento de efluentes de esgotos, tratando a nível secundário, como sistema natural de tratamento em manguezais.

## 2. IMPORTÂNCIA DO MANGUEZAL E SUAS COMUNIDADES

As áreas de manguezal são representativas de zonas de elevada produtividade biológica, uma vez que pela natureza de seus componentes são encontrados nestes ecossistemas representantes de todos os elos da cadeia alimentar. Este tipo de ambiente é tão produtor e fixador quanto alguns estuários ou uma terra bem cultivada. Os corpos de água, baías, lagunas e estuários, quando margeados por bosques de mangue recebem a importante contribuição dos compostos húmicos com destacada função no condicionamento biológico, favorecendo sobremaneira sua alta produção (12).

A queda das folhas das árvores e sua mistura com o lodo e os excrementos dos animais formam restos orgânicos importantes, que são utilizados por bactérias e fungos, o que constitui a importância fundamental deste ecossistema. Parte destes detritos se dissolve na água, onde outras bactérias os aproveitam e ainda certos animais detritívoros vão utilizá-los como

alimento. Os próximos níveis da cadeia alimentar serão constituídos por peixes bentônicos, aves, peixes maiores e o homem.

Do ponto de vista ecológico, a vegetação de mangue proporciona alimento e retém detritos sendo que neste ambiente os crustáceos são abundantes, refugiando-se em galerias escavadas no substrato ou correndo sobre a superfície do solo e até mesmo subindo nas árvores. As raízes do mangue servem de substrato a um grande número de bivalves (ostras, por exemplo) e seu intrincado sistema serve de proteção aos peixes, que aí desovam para defender suas crias de possíveis predadores (12).

É importante ter-se em conta que todos estes organismos se reproduzem no manguezal e passam, pelo menos em seu estágio jovem, protegidos entre raízes das árvores ou em pequenas poças que se formam sobre o substrato, seja este lodoso, arenoso ou rochoso. Ainda mais, jovens de espécies de interesse econômico tais como camarões, caranguejos e diversos peixes, encontram também proteção neste sistema ecológico.

Os ecossistemas de manguezais se desenvolvem em regiões de costa protegida, banhada pelas marés, e seu maior desenvolvimento pode ser observado nas áreas onde o relevo topográfico é suave e a amplitude da maré é alta. Sem dúvida, certos fenômenos oceanográficos podem modificar as condições típicas desta zona intertropical, e os bosques de mangue podem vir a não se desenvolver dentro destes limites latitudinais (trópicos de Câncer e Capricórnio). Entre estes fenômenos, pode-se citar as correntes oceânicas frias que estão relacionadas aos baixos valores de precipitação anual e, as costas de alta energia.

Somente nos últimos anos a comunidade científica está tomando consciência da importância dos manguezais como um ambiente de alta produtividade o que lhe permite abrigar, como já foi antes mencionado, por meio de sua estrutura peculiar, as larvas e jovens de um grande número de espécie de peixes, crustáceos e moluscos, de interesse para o homem. E ainda agir como protetores das formações contra a erosão produzida por agentes destruidores, tais como correntes, marés, drenagem dos terrenos etc. (12).

Devido às necessidades de adaptação, ao baixo teor de oxigênio dissolvido na água intersticial e alta salinidade, as árvores desenvolvem raízes pouco profundas e numerosas raízes aéreas. Esse sistema de fixação faz com que esta comunidade florística constitua um dos melhores agentes para a proteção e estabilização de solos pouco compactos.

As formações vegetais funcionam como verdadeiros filtros, uma vez que com a diminuição da velocidade das águas, grande parte dos nutrientes trazidos pelos rios pode ser absorvida. Consequentemente, estas formações constituem um dos sistemas mais produtivos, fornecendo alimento à fauna que aí ocorre; entretanto, da mesma forma, podem ser retidos elementos nocivos indesejáveis (1).

A proteção ou conservação dos manguezais é fundamental para a preservação de sua estrutura vegetal, de seus organismos e, com certeza, para as indústrias pesqueiras que neles estão baseadas. E, ainda, pode ser citada a aquicultura cuja importância não reside no seu atual nível de produção, mas sim em seu potencial para um aumento da produtividade, que se apresenta como uma alternativa promissora em se tratando da previsão com relação a uma nova fonte de proteínas para a humanidade, desde que desenvolvida sob correta administração.

Finalizando, pode-se identificar como algumas das principais funções do ecossistema de manguezais a produção, a proteção e a estabilização das formações costeiras. Devido às suas condições especiais com relação ao equilíbrio ecológico, este ambiente é extremamente vulnerável, e alterações em quaisquer de seus parâmetros, de forma não estudada e planejada, pode destruí-lo irreversivelmente.

## 3. POLUIÇÃO AMBIENTAL CAUSADA POR ESGOTOS EM ÁGUAS ESTUARINAS

A poluição das águas dá-se principalmente quando o homem as utiliza como diluidoras e transportadoras de alguns refugos, dando origem aos esgotos, ou usa os recursos hídricos como corpos receptores. Os esgotos municipais, provenientes da atividade urbana predominantemente não industrial, são constituídos de cerca de 99% de água e apresentam as características principais descritas a seguir.

O total de sólidos presentes em um litro atinge cerca de 600 mg, dos quais 60% correspondentes à matéria orgânica, composta principalmente de proteínas, carboidratos, gorduras, óleos e graxas e os restantes 40% correspondentes à matéria inorgânica. Desse sólidos, cerca de 40% encontram-se em suspensão. O nitrogênio e o fósforo, quer sob a forma de matéria orgânica ou inorgânica, compõem, respectivamente, com cerca de 40 mg/l e 6 mg/l. Encontra-se nos esgotos grande número de espécies de microorganismos (algumas patogênicas), particularmente os de origem fecal, cuja presença é indicada, de forma in-

direta, através do número de coliformes, que atinge valores superiores a um milhão de organismos por 100 ml (\*).

A poluição de sistemas aquáticos por excretas de animais de sangue quente cria problemas de saúde pública para o homem e afeta aos animais, bem como pode causar problemas de desequilíbrio ecológico para a vida aquática. Vários microrganismos patogênicos podem habitar o intestino da maioria dos animais de sangue quente e serem expelidos pelas fezes. O despejo do material fecal na água pode adicionar um número variado de patógenos intestinais e facilitar o desenvolvimento da microflora autóctone como decorrência da eutrofização do ambiente.

Além das bactérias, a microflora de fezes animais de sangue quente contém um número considerável de bolores, leveduras, vírus e protozoários. Qualquer destes microrganismos pode ser considerado como indicador em potencial de contaminação fecal. Como quaisquer destes grupos pode conter agentes patogênicos para seres humanos, eles podem ser usados diretamente ou indiretamente para indicar a existência de perigos para a saúde pública, quando veiculados pela água.

No caso específico dos manguezais, as mesmas características físico-químicas que favorecem a sedimentação de partículas presentes na água, permitindo o desenvolvimento dos mangues, também são responsáveis pela sedimentação e pela consequente concentração de substâncias nocivas ou tóxicas para os organismos e comunidades dos manguezais.

Por outro lado, a umidade e temperatura elevadas, constituem condições climáticas favoráveis à decomposição bastante rápida da matéria orgânica, abastecendo o solo com quantidades consideráveis de CO<sub>2</sub>, ácido húmico e outros componentes orgânicos. É interessante citar que cerca de 40% dos detritos encontrados em suspensão nas águas estuarinas procede do manguezal (\*).

Em áreas de desenvolvimento industrial e agrícola, diversas substâncias, principalmente metais pesados, petróleo e seus derivados, além de agrotóxicos e herbicidas, atingem concentrações bastante elevadas nas águas estuarinas e costeiras.

Nos manguezais, essas substâncias podem atuar de várias maneiras. Os metais pesados, herbicidas e defensivos agrícolas interagem com os processos fisiológicos de animais e plantas, causando principalmente disfunções em seus sistemas enzimáticos. No caso específico das plantas de mangue, seu efeito é mais drástico quando afeta o mecanismo de regulação da concentração de sais (\*).

A atuação dos derivados de petróleo, principalmente os óleos pesados, é principalmente física. A fluabilidade destes compostos facilita sua distribuição ao longo de extensas faixas do litoral. Ao atingir o manguezal, aderem às raízes das plantas do mangue e cobrem o sedimento, obstruindo os tecidos especializados na troca de gases e impedindo a oxigenação do sistema radicular. No caso dos animais, o congestionamento das brânquias, dos cílios filtradores e dos sifões de invertebrados marinhos por essas substâncias leva à redução imediata de suas populações (\*).

Sendo o manguezal um ecossistema aberto, isto é, interligado aos sistemas vizinhos por meio da "exportação" e "importação" de água, nutrientes e material sedimentar, as atividades que mais prejudicam o sistema são aquelas que interferem sobre o fluxo de água e de nutrientes bem como sobre a estabilidade do substrato. Em se tratando do lançamento de esgotos sanitários, ao contrário dos efeitos resultantes do lançamento de despejos industriais e agrícolas, conforme antes expostos, aumentam a sedimentação e a turbidez das áreas de manguezais, próximas da fonte poluidora. Porém, conforme relata Martinez et al (\*) referindo-se a manguezaís de baía em Porto Rico: "se houver dispersão adequada e o nível da água permanecer abaixo dos pneumatóforos, o lançamento de esgotos pode ser direto".

Já Nichols et al (\*) estudando os impactos ambientais nos manguezais da região sul da ilha de St. Thomas assinala: "uma das fontes de poluição das águas de Mangrove Lagoon e Baía Benner é a descarga de esgotos, sem tratamento, nas águas. Esse excesso de nutrientes, associado a uma circulação fraca das águas na laguna, conduziu a uma eutrofização e rápido crescimento do fitoplâncton, o que provocou significativa queda do conteúdo do oxigênio dissolvido nas águas (menos de 50%) e diminuição de transparência. Isto afetou a angiosperma marinha *Thalassia testudinum*, cujas extensas pradarias submersas reduziram sua área para menos de 10%, dando lugar às algas calcárias do gênero *Halimeda* e a outra angiosperma, *Halophila*. A maioria das espécies de mariscos reduziu em número, enquanto poliquetos sabelídeos e anêmonas (*Cassiopea*) proliferaram. Nas águas mais próximas da fonte de poluição, houve completa destruição da biota bêntica".

Como se observa, dos trabalhos de Martinez e colaboradores que estudaram os aspectos de manejo dos manguezais da ilha de Porto Rico, baseados nas características de cada um dos diferentes tipos de manguezais da

ilha, estes não recomendam o lançamento direto de esgotos em manguezais de franja, mas todavia, os recomendam para os manguezais de baía. Também, nos trabalhos de Nichols e colaboradores, são descritos os efeitos negativos em manguezais da ilha de St. Thomas, quando resultantes da descarga de esgotos "in natura" nos manguezais de laguna. Assim, as implicações ecológicas em consequência do lançamento de esgotos em manguezais são variáveis de acordo com as características das áreas dos manguezais receptores, com a natureza dos despejos, além dos diferentes fatores ambientais em cada caso. Um exemplo é a Baía Benner citada, que é local de circulação e ancoragem de barcos.

#### 4. AVALIAÇÃO VISUAL DO IMPACTO CAUSADO POR LANÇAMENTOS "IN NATURA" NO MANGUEZAL DA ILHA DE SÃO LUÍS, MA

A ilha de São Luís, MA, apresenta ainda uma significativa parcela do seu território coberto com uma vegetação de manguezais bastante típicos, como se observa na figura 2, na página 70. Presentemente, a implantação de grandes projetos industriais trazido alterações nesses ecossistemas naturais, podendo-se ressaltar, por exemplo, a Alcoa Alumínio S. A. (figura 2), cuja propriedade constitui 1/5 da área total da cidade de São Luís.

De uma maneira geral, na ilha de São Luís, conforme as observações de campo, ao se visitar os diversos pontos de lançamento de esgotos sanitários, onde em torno de 80% dos despejos são lançados por redes coletoras diretamente em manguezais da cidade de São Luís, ressaltam-se os seguintes aspectos:

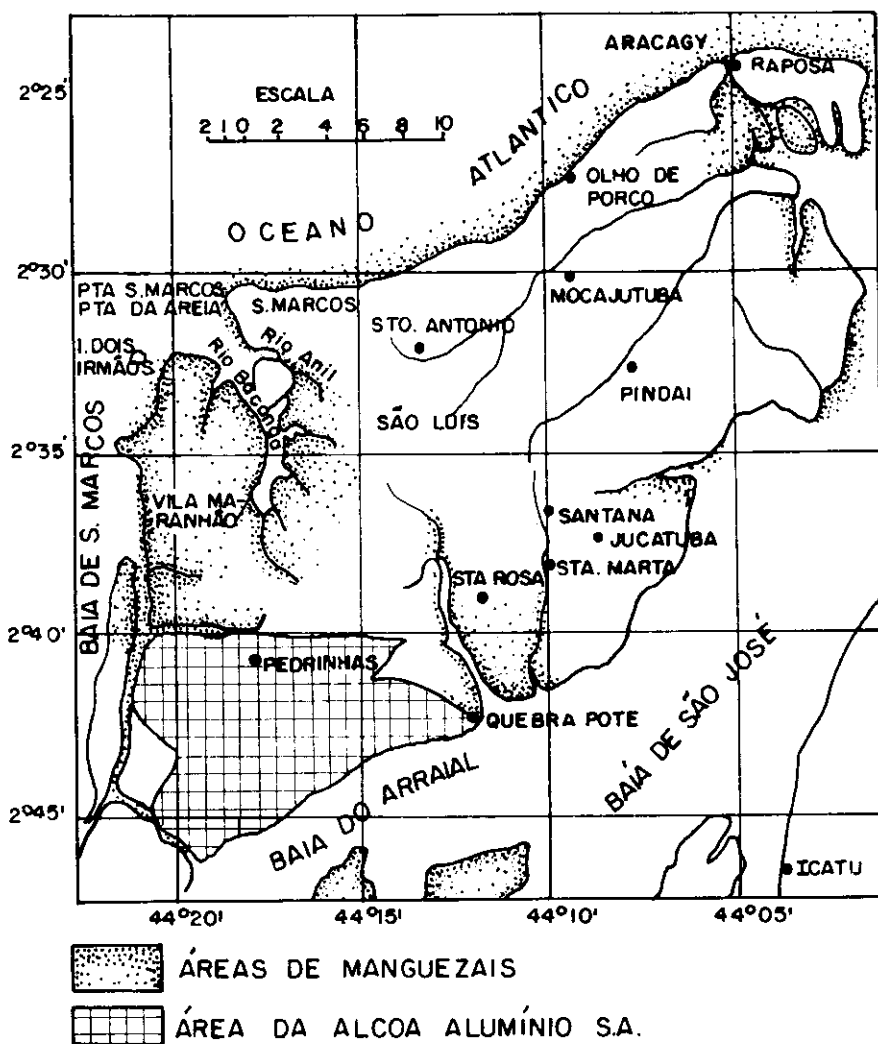
— alta atividade decompositora da matéria orgânica nas áreas adjacentes aos lançamentos;

— ausência de odores característicos da decomposição anaeróbia, resultantes da fermentação e despreendimento de gases;

— colmatação das lenticelas nas raízes aéreas no ponto de desemboque dos emissários, nos períodos de maré vazante;

— pequeno desmatamento na faixa de construção das tubulações que conduzem os esgotos mangue adentro, até o ponto de lançamento;

— grande capacidade de absorção do sedimento nos pontos de lançamentos, onde, praticamente, não ocor-



FONTE: BOL. LAB. HIDROB. SÃO LUÍS, MA-BRASIL, 3(1): 57-76, 1970/80 (MODIFICADO)

Figura 2 — Ilha de São Luís, MA. Áreas de manguezais e da Alcoa Alumínio S. A.

re formação de poças ou acúmulos de água e esgotos;

— não se observa a floração de algas nos pontos de lançamentos, provavelmente em função das lavagens diárias, quando das enchentes de maré;

— desenvolvimento de vegetação rasteira, do tipo gramínea, nas áreas adjacentes aos lançamentos, observado na maioria dos locais visitados;

— grande número de espécies de crustáceos, como siris e caranguejos, junto aos pontos de lançamentos e verificação de tocas nas áreas próximas aos desemboques;

— ausência de mosquitos e moscas nas áreas de lançamento, exceto em duas delas onde também era descarregado lixo das residências mais próximas;

— recomposição do bosque desmatado para assentamento dos emissários, observado na maioria dos lançamentos;

— no ponto de lançamento do bairro onde fica localizada uma indústria de produtos químicos, o manguezal se apresenta bastante "estressado" com árvores sem folhas, ressequidas e ausência de fauna típica dos outros locais;

— nos pontos de lançamento, em que a especulação imobiliária promoveu aterros e dragagens na área de entorno, embora constituam uma minoria, ocorre retenção dos despejos em pequenas bacias onde proliferam algas e servem como criadouros de vetores. Também foi observada uma maior atividade de pastoreio na vegetação dos bosques adjacentes.

Cumprindo finalmente assinalar que as visitas não se revestiram de rigor cien-

tífico quanto às observações nos manguezais. A finalidade maior foi avaliar visualmente o impacto ambiental resultante do lançamento "in natura" dos esgotos. Por outro lado, um problema fundamental a ser encarado em qualquer tipo de lançamento de esgotos num corpo receptor, é o da mistura íntima desse esgoto com a água receptora.

Dentre as alterações que a prática de lançamento de esgotos domésticos pode causar, a eutrofização e a contaminação são de fundamental importância. Assim os aspectos físicos, biológicos, bacteriológicos e sanitários deste problema em relação aos corpos de água receptores são, comumente, de grande significância.

As consequências do lançamento de esgotos em curso de água, tais como rios e córregos são bastante conhecidas dos profissionais que atuam na engenharia sanitária. É preciso pois estudar e determinar dentre outros parâmetros, o  $T_{90}$ , tempo em que 90% das bactérias desaparecem num ecossistema hídrico adverso, no caso, uma região estuarina. Para tanto os autores procuram adaptar técnicas já consagradas aplicadas para oceanos de forma a poder utilizá-las em estuários.

O estuário dilui, dispersa, oxida, transporta e assimila o esgoto, inativando os seus microrganismos em geral e com mais eficiência do que outros corpos receptores. Os efeitos do alto teor de sal nas águas dos estuários têm uma provável modificação sensível na taxa de desaparecimento bacteriano.

Diversos fatores podem afetar o decaimento bacteriano num corpo d'água sendo os seguintes os mais relevantes (!): adsorção e sedimentação; ação destrutiva da luz solar; falta dos nutrientes necessários; presença na massa líquida de substâncias tóxicas; utilização de bactérias como alimento por protozoários e outros predadores e competição e efeitos antagônicos de outros organismos.

Um fenômeno importante que ocorre ao longo do caminhamento do esgoto lançado em um estuário é o da redução na concentração de certos poluentes à custa de um declínio, ou enfraquecimento, causado por fatores diversos (floculação, sedimentação, morte etc.). Este fato é de particular interesse quando se estuda as condições sanitárias de uma região costeira, próxima a lançamentos de esgotos, em função dos índices bacteriológicos a serem respeitados.

O declínio bacteriano pode ser expresso pela lei de Chick, onde o  $T_{90}$  é o tempo de percurso requerido para o

desaparecimento de 90% da população bacteriana (14).

No quadro 1 apresentam-se os valores de  $T_{90}$ , observados em águas litôranéas brasileiras.

**Quadro 1 — Valores de  $T_{90}$  no litoral do Brasil**

LOCAL	DATA	$T_{90}$ (minutos)
FORTALEZA	13.09.75	79 a 87
	15.09.75	69 a 88
	22.11.75	65 a 77
MACEIÓ	21.04.75	80 a 87
	25.04.75	62 a 80
SANTOS	1971 a 1973	60 a 120

Fonte: OCCHIPINTI, 1975 (10)

Teoricamente o  $T_{90}$  para esgoto bruto seria mais curto que para o esgoto tratado, pois as bactérias que resistiram ao tratamento secundário deveriam sobreviver por mais tempo.

Estudos técnicos alertam contra a maior resistência de organismos patogênicos na água de uma baía ou do mar, e a sua maior concentração em esgotos de comunidades onde se eleva a taxa de morbidade por doenças entéricas. Estudos realizados por Shulval nas costas de Israel, no Mediterrâneo, mostraram que enquanto os coliformes apresentavam  $T_{90}$  de uma hora, ou menos, os poliovírus sob condições similares tinham  $T_{90}$  de 24 horas, ou mais (13).

Com relação à ilha de São Luís, MA, tais estudos são, portanto, necessários para haver uma maior segurança sanitária do banhista e como uma indicação para o grau e eficiência do tratamento dos esgotos domésticos.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A medida que se vai suprimindo a carência de conhecimentos básicos e profundos sobre a estrutura e funcionamento do ecossistema manguezal, emergem as possibilidades de utilização racional desse recurso, considerado como uma das mais prolíficas regiões bióticas do mundo.

Conscientes da importância desses ecossistemas para a manutenção da fauna e flora autóctones, desenvolvimento da aquicultura, turismo, recreação, pesca comercial e artesanal, órgãos de controle ambiental e Instituições de pesquisa têm direcionado seus esforços e preocupação no sentido de aprofundar o conhecimento acerca da dinâmica de funcionamento e fragilidade dos mesmos, visando aprimorar mecanismos de preservação de sua qualidade, além de dar subsídios à

**Tabela 1 — Respostas visíveis das partes das árvores de manguezal a vários estressores**

PARTE DA PLANTA	ESTRESSOR	RESPOSTA
FOLHAS	geada	amarelamento e morte
	óleo	deformação, murchamento, redução em área, aumento da incidência de buracos, enegrecimento e morte
	herbicidas	queda das folhas verdes
	alta salinidade do solo	deformação, amarelamento, redução na área, morte
	alta temperatura da água	diminuição na área, queda das folhas, cor verde acinzentado
raízes aéreas do mangue vermelho	alta temperatura da água	maior proliferação de raízes por unidade de área
plântula do mangue vermelho	alta temperatura da água	diminuição no tamanho e abundância
TRONCO	baixa temperatura do ar, derrame de óleo, alta salinidade do solo, alta temperatura da área, substratos pobres	diminuição na altura

Fonte: LUGO A.E., 1978 (6)

**Tabela 2 — Exemplos de efeitos positivos ("push") e negativos ("pull") de estressores em ecossistemas e populações**

ESTRESSOR	EFEITO POSITIVO	EFEITO NEGATIVO
radiação e ionizante	decomposição mais rápida, desfoliação e taxas de crescimento e recuperação para várias dosagens	pode ser letal; rompe estruturas e aumenta as taxas respiratórias; altera a composição de espécies
marés extremas	redistribui nutrientes, sedimentos, matéria orgânica e organismos	expõe os organismos a condições letais
fluxo d'água	traz nutrientes e redistribui larvas; traz alimento e oxigênio e remove substâncias tóxicas	remove a estrutura; causa alto custo de manutenção de energia em plantas e animais.
inundação	remove competição; assinala o início de eventos fenológicos	aumenta os custos de manutenção de energia; diminui temporariamente o número de grupos individuais
erupções vulcânicas	permite melhor ambiente quanto a nutrientes, umidade e competição	sufoca e mata plantas e animais
desnudação, poda, pastagem ou desfoliação	estimula produtividade das plantas; diversifica a comunidade em taxas baixas	remove a estrutura e reduz a diversidade em taxas elevadas; causa mortalidade
salinidade	permite produtividade bruta mais elevada em manguezais até valores próximos da água tipicamente marinha	em valores acima de 350/00, aumenta a taxa respiratória e diminui as taxas de transpiração e produtividade líquida
eutrofização	estimula a produtividade primária e o crescimento de consumidores	altera a composição das espécies; causa condições anóxicas e eventualmente reduz a diversidade das espécies e a complexidade

Fonte: LUGO, A.E., 1978 (6)

(Cont.)

correta utilização de todo seu potencial sócio-econômico. Assim a problemática do lançamento de esgotos em manguezais, neste contexto, é um importante fator de impacto que carece ser analisado, quanto aos seus efeitos positivos e negativos (ver tabelas 1 e 2, abaixo).

Se por um lado o lançamento de esgotos em manguezais estimula a produtividade primária e o crescimento de consumidores; por outro lado, altera a composição das espécies, causa condições anóxicas e eventualmente reduz a diversidade das espécies e a complexidade (6).

Continuação da  
tabela 2

ESTRESSOR	EFEITO POSITIVO	EFEITO NEGATIVO
fogo	torna mais disponíveis nutrientes a umidade; reduz competição	remove a estrutura
herbicidas, óleo e outros venenos	seleciona certas formas de vida sobre outras; sobreviventes crescem mais rápido	reduz a produtividade por alteração no comportamento e fisiologia, envenenamento e morte de organismos; reduz a diversidade específica
tempestades	atua com um indício para o início de eventos fenológicos em desertos; alivia a salinidade em situações costeiras e redistribui nutrientes	remove a estrutura e pode causar outros "stress", tais como, inundação, que afeta as trocas gasosas em sedimentos úmidos e a turbidez em sistemas aquáticos
alta temperatura	acelera processos, particularmente respiração e reciclagem	pode ser letal; reduz a diversidade específica
baixa temperatura	pela redução de velocidade de processos, permite conservação de reservas	geadas podem ser letais
amplitude de temperatura	são de curta duração, as flutuações podem estimular o metabolismo; aumenta resistência a choques térmicos	se a amplitude é larga e a alteração é rápida, pode ser letal
furacões	traz água, nutrientes, sedimentos e propagulos	a estrutura é removida
inseticidas	DDT (5-10ppm) aumenta a resistência aos raios - X	eventualmente letal

Fonte: LUGO A.E., 1978 (6)

Com base nas observações e levantamento bibliográfico constantes deste trabalho, pode-se concluir que a poluição causada por esgotos quando lançados nos manguezais depende fundamentalmente da vazão dos despejos e das características físicas, químicas e biológicas dos mesmos. No caso de esgotos domésticos, os efeitos consequentes sobre o manguezal dependem também das características fisiográficas deste.

Destarte, recomenda-se que sejam feitos estudos sobre a tratabilidade de efluentes de esgotos em manguezais, como processo ou técnica de tratamento natural, com o objetivo de minimizar os efeitos nocivos da poluição dos estuários que recebem o lançamento de esgotos brutos de forma aleatória e incontrolada.

No que se refere ao processo de diluição e estabilização dos esgotos em manguezais, deve-se prever o seu efeito deletério do ponto de vista ecológico, higiênico-sanitário e estético. Para isso deve-se investigar as características físicas, químicas e biológicas do ambiente estuarino, com o propósito de analisar e prever de forma racional as consequências de sua utilização como corpo receptor de esgotos.

De acordo com o estudo feito de decaimento bacteriano em estuários, pode-se concluir que o efeito deleté-

rio resultante desta disposição de esgotos é uma função completa de duas variáveis: a concentração e o tempo. O efeito integrado do ambiente estuarino sobre o efluente é de significância crítica. No caso de despejos de esgotos já tratados, o efluente ao ser lançado no manguezal experimenta uma transformação em suas propriedades físicas e microbiológicas, que variam em cada ponto em função do tempo. As possibilidades de obter-se um prognóstico eficiente das condições de poluição dependem diretamente da determinação das condições do ecossistema manguezal-estuário prevalentes na área de estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — Almeida, F. A. de. **Estudo de decaimento bacteriano em Lagunas do Estado do Rio de Janeiro**, cadernos Feema - Série Técnica, n.º 6, 1979.
- 2 — Araújo, D. S. D. e Maciel, N. C. **Os Manguezais do Recôncavo da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro**. Feema, Série Técnica, out, 1979.
- 3 — Branco, S. M. e Rocha, A. A., **O Ambiente Marinho e os Manguezais**, In: Ecologia: Educação Ambiental, Ciências do Ambiente para Universitários, 1980.
- 4 — Cetesb. **Baixada Santista: Estudo dos Manguezais**, Rel. Cetesb, fev. 1983.
- 5 — Lacerda, L. D., **Manguezais: Florestas de Beira-Mar**. Rev. **Ciência Hoje**, 3 (13): 63-70, 1984.
- 6 — Lugo, A. E. **Stress And Ecosystems** Reprinted from: Energy and Environmental Stress. DOE Symposium series. Natyonal Technical Information Service, Springfield, p. 62-101, 1978.
- 7 — Martinez, R. et alii. **Mangrove in Puerto Rico: A Structural Inventory**. Final Repot. Government of Puerto Rico Dept. of Natural Resources, San Juan, Puerto Rico, 149 p.
- 8 — Nichols, et al i. **Water, Sediments and Ecology of the Mangrove Lagoon and Benner Bay, St. Thomas**, 1977.
- 9 — Nucci, N. L. R. et al i. **Tratamento de Esgotos Municipais por Disposição no Solo e sua Aplicabilidade no Estado de São Paulo**. Cepam, Fundação Faria Lima, São Paulo, 1978.
- 10 — Occhipinti, A. G., **Pesquisas Oceanográficas e de Decaimento Bacteriano em Águas Litorâneas Brasileiras**. Hydroconsult, 8.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 14 a 19 dez, 1975.
- 11 — Odum, W. E. and Johannes, R. E. Eds. **Tropical Marine Pollution**. Amsterdam., **Elservier Sci.** p. 56-62.
- 12 — Schaeffer-Novelli, Y. **Importância do Manguezal e suas Comunidades**. Alicmar, 1982.
- 13 — Shuval, H. I. **The Case for Microbial Standards for Bathing Beaches**. Director Environmental Health Laboratory. Hebrew University — paper 10, International Symposium on DSSO, Londres, 1974.
- 14 — Victoretti, B. A. **Elementos Básicos para o Estudo Preliminar de um lançamento de Esgoto Submarino**. Cetesb, 8.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 14 a 19 dez, 1975.