

6

CONCLUSÕES

Tendo em vista as observações realizadas através dos resultados dos experimentos do presente estudo e as constatações relatadas na literatura, propõem-se algumas hipóteses e considerações.

Sobre a avaliação das estações de coleta:

- As estações de MP menos contaminadas são: a 6 (a 1 km da foz do Rio Iguaçu na baía) e a 7 (a 2,5 km da foz do Rio Iguaçu na baía); as mais contaminadas são: a 1 (ponto mais interior no Rio Iguaçu, recebendo contaminação derivada da ocupação em suas margens e de despejos irregulares de efluentes); e a 4 (ponto na foz do Rio Sarapuí, um rio cujas margens apresentam ainda maior grau de ocupação, inclusive com o Aterro Sanitário de Gramacho);
- As estações de sedimento menos contaminadas são: a I (coincide com a estação 5 de MP), parece não acumular a contaminação do rio devido ao fluxo deste; a V (à leste do rio, próximo ao CTA, canal utilizado pela REDUC para captação de água e que é continuamente dragado); e as estações IX e X (estações mais distantes da foz do rio), apesar de sofrerem acréscimos de material de outras áreas da baía, possivelmente transportados pelas marés. As mais contaminadas são: a III (coincide com a estação 7 de MP) parece ser a região de deposição da contaminação proveniente do rio; a IV (estação da baía mais próxima ao rio) parece ser uma região de acúmulo de material proveniente da baía, possivelmente do banco de vazante do estuário do Rio Iguaçu.

Sobre a avaliação da área de estudo:

- As condições físico-químicas revelaram a distinção do estuário em dois compartimentos, o compartimento fluvial (estações 1 a 5-I) e o

compartimento da baía (estações 6-II a X). Esta divisão é corroborada pelas tendências de distribuição dos esteróis.

- As condições ambientais das águas da área de estudo em relação ao seu histórico mostraram-se atípicas. Em geral, esses parâmetros estiveram abaixo da média reportada na literatura, indicando alteração do ecossistema.
- A avaliação de impacto usando os índices descritos na literatura e que foram empregados neste estudo mostrou que as razões mais adequadas ao emprego no estuário do Rio Iguaçu são as propostas por Grimalt *et al.* (1990) - aqui I1 e I2, respectivamente: $5\beta / (5\beta+5\alpha)$ estanóis e $5\beta / (5\beta+5\alpha)$ estanonas. Entretanto, o limite desses índices deveria ser revisto para ambientes tropicais impactados e transformados. Concordamos com Carreira *et al.* (2004) na sugestão de abaixar para 0,5 o valor indicador de contaminação por efluente doméstico da razão $5\beta/(5\beta+5\alpha)$.
- É importante considerar as estanonas e suas relações com os demais esteróis em avaliação de impacto sobre um ambiente como o estuário do Rio Iguaçu: com alta carga orgânica, redutor e em alto grau de transformação.
- O epi-colestanol é um esterol pouco comum e sua detecção é inédita na Baía de Guanabara. É característico de ambientes altamente orgânicos e é produzido somente em condições anaeróbicas. Sua relevante presença na área de estudo corrobora a indicação da existência de comunidades microbianas diversas, indicando eutrofização.
- Ressalta-se a importância do potencial redox do ambiente e da comparação entre as razões de cada produto de degradação e seu parental em comum, neste caso o colesterol. Assim, é possível visualizar facilmente os principais processos que atuam no ambiente.
- Conclui-se que o estuário do Rio Iguaçu encontra-se contaminado por efluentes domésticos. O compartimento fluvial encontra-se altamente poluído por esgotos e transporta, de forma eficaz, contaminantes às regiões adjacentes da Baía de Guanabara. O lado leste da desembocadura do rio caracteriza-se como uma zona de deposição preferencial destes contaminantes. Entretanto, é possível que ocorra o transporte de material sedimentar alóctone levado pelas marés às proximidades do estuário,

principalmente proveniente dos bancos de sedimentos localizados nas desembocaduras dos rios.

Sobre a origem e transformações diagenéticas dos esteróis:

- O colesterol apresenta diversas vias de degradação. A via preferencial de degradação deste esterol é sua oxidação anaeróbica a uma estenona – não identificada neste trabalho) - que é reduzida à estanonas (coprostanona e colestanona). Em ambientes mais óxicos as estanonas conservam-se por mais tempo, como é o caso das estações na Baía de Guanabara. Em ambientes anóxicos sofrem rápida redução a estanóis (coprostanol e colestanol), como é o caso do compartimento fluvial deste trabalho. Esse processo de degradação ocorre ainda no trato intestinal de animais superiores, por isso todos estes esteróis estão presentes no esgoto. Entretanto, o processo de degradação citado também pode ocorrer *in situ*, sob condições anóxicas, como é o caso dos sedimentos fluviais estudados.
- A via secundária de degradação do colesterol parece ser sua redução anaeróbica *in situ* a epi-colestanol, uma vez que este esterol é bastante abundante no sistema fluvial.
- Outra via de degradação importante que também parece ocorrer no sistema é a redução anaeróbica direta de colesterol a coprostanol. Esta redução pode ocorrer no trato intestinal ou *in situ*, já que há formação de epi-colestanol *in situ*. Em ambiente óxicos esses estanóis sofrem degradação.
- É possível ainda que haja a produção de coprostanona a partir da oxidação do coprostanol previamente formado, em ambientes óxicos. Da mesma maneira, o colestanol, apesar de ser termodinamicamente mais estável, também pode ser oxidado a colestanona aerobicamente. Mas para determinarmos essas possíveis vias no ambiente estudado, testes de degradação dos esteróis, de preferência utilizando esteróis marcados (radioativos) e ensaios microbianos, teriam que ser conduzidos, o que não foi o escopo deste trabalho.

Com isso, pode-se constatar o alto nível de degradação ambiental do estuário do Rio Iguaçu que, como a grande maioria dos afluentes da Baía de Guanabara, abriga em suas margens urbanizações sem planejamento e infraestrutura básica. Este quadro leva à total reversão de valores na relação homem-meio ambiente: o compartimento (o rio) que deveria ser cuidado para suprir vida e recursos é o recurso que se utiliza para despejar restos (contaminantes) que podem levar à morte, tanto do próprio rio como dos que se utilizam dele (animais e homem).

Para solução deste tipo de impacto, sugerimos:

- Inclusão de critérios de qualidade do compartimento sedimento na legislação ambiental brasileira;
- Maior rigidez na fiscalização / punição de poluidores potenciais e irregularidades que afetam o ambiente;
- A prestação da ação pública na construção / adequação da rede coletora de esgotos que circunda a Baía de Guanabara e seus afluentes, incluindo todo e qualquer tipo de urbanização, mesmo que irregular;
- Realização de um monitoramento ambiental, custeado pelo poder público, utilizando parâmetros indicadores da contaminação fecal e de qualidade das águas e do sedimento, para controlar a qualidade do ambiente;
- Investimento em educação ambiental para a população do entorno da baía.

Finalizamos aqui este estudo sugerindo também a complementação deste com a avaliação mineralógica dos sedimentos e experimentos específicos de degradação de esteróis, para a melhor compreensão dos processos diagenéticos que atuam sobre as partículas na coluna d'água e no sedimento do estuário do Rio Iguaçu. Também sugerimos a realização de amostragens de esgoto bruto das diferentes estações de tratamento de efluentes que levam rejeitos à Baía de Guanabara, para o levantamento de um balanço de massas dos contaminantes fecais especificando mais precisamente suas origens e destinos.