

# ESTUDO PRELIMINAR DA MICROBIOTA DOS SEDIMENTOS DA LAGOA DE SAQUAREMA - RJ

CRAPEZ, M.A.C.; BISPO, M.G.S.; TOSTA, Z.T.

Depto. Biol. Celular e Molecular/UFP  
Cx. Postal 100.180  
24.000 - Niterói, RJ.

**RESUMO:** Estudo preliminar da microbiota dos sedimentos da Lagoa de Saquarema, Rio de Janeiro. A Lagoa de Saquarema (23°53' a 23°57' S e 42°29' a 42°34' W) faz parte do complexo fitogeográfico de restingas. Este trabalho foi realizado em três estações de coleta no "lago" de Fora, o único a ter comunicação com o oceano e o mais sujeito à ação antrópica. Foram estudados parâmetros abióticos e caracterizadas as populações bacterianas heterotrófica e de *Bacillus* spp. na interface água-sedimento e no sedimento, entre 0-7 e 7-15cm de profundidade. A temperatura da água foi de 24,77 + 1,8°C e o pH 7,53 ± 0,51. A condutividade elétrica variou de 56,8 a 44,6mScm<sup>-1</sup>; a salinidade de 35,7 a 0,37‰ e a clorinidade de 19,8 a 0,20‰. Os valores máximos e mínimos para matéria orgânica foram 3,14 e 0,23%; carbono orgânico, 1,82 a 0,13%; enxofre, 0,0375 e 0,0120%; e fósforo, 9,56 e 0,39 ppm/g. Em setembro/88, a população de *Bacillus* spp. representou a maioria da flora heterotrófica nas estações A e B (81,0 e 81,3%). No ano seguinte, *Bacillus* spp. teve pouca representatividade na estação A (20,49%) próxima ao oceano, enquanto que na estação B, próximo à desembocadura do rio Bacaxá, *Bacillus* spp. aumentou em relação à população heterotrófica (75,19%), e na estação C, região de mangue, esta a superou nos anos de 1988 e 1989 (16,1% e 63,8%). No intervalo de tempo estudado, houve desaparecimento da população aeróbia estrita, prevalecendo a anaeróbia facultativa. Outras características estudadas demonstraram similaridades entre as duas populações. Houve produção de nitrito e amonificação do nitrato, indicando que a microbiota utiliza o nitrato como acceptor de elétrons. Apesar de haver OD na interface água-sedimento, a respiração com nitrato sugere que o sedimento é anóxico. Os experimentos realizados em presença de composto xenobiótico, mostraram que a microbiota do sedimento não está apta a degradá-lo.

**ABSTRACT:** Preliminary study of sediment microbiota of Saquarema Lagoon, Rio de Janeiro. Saquarema's lagoon (23°53' - 23°57' S, 42°29' - 42°34' W) is characteristically a sandbank phytogeographic complex. This work was done at three collection sites from the only lagoon which opens to the sea and is most susceptible to human influences. We analyzed some physical and chemical parameters and some characteristics of total heterotrophic bacteria and *Bacillus* spp. in the water - sediment interface and in the deep sediment, from 0 - 7cm and from 7 - 15cm deep. The water temperature was near 25°C and the pH was near 7 or slightly alkaline. The electric conductivity changed from 56.8 to 44.6cm<sup>-1</sup>; the salinity from 35.7 to 0,37‰; the chloride concentration from 19,8 to 0,20‰. The maximum and minimum values for organic matter were 3,14 and 0.23%; organic carbon: 1.82 and 0.13%; sulphur 0.0375 and 0.0120%; and phosphorus: 9.56 and 0.39 ppm/g. In September 1988 *Bacillus*

*spp.* population represented the majority of heterotrophic microflora. In the next year, *Bacillus spp.* had a minor expression at collection site A, close to the ocean, while at collection site B, close to the outlet of Bacaxá River, *Bacillus spp.* increased and at collection site C, a mangrove site, it overcame the heterotrophic population. When we made the analysis of the first samples we found aerobic and anaerobic bacteria; however, after one year, we found only facultative anaerobic bacteria. We found nitrite production and ammonification of nitrate, showing that the bacteria uses nitrate as an electron acceptor. We detected dissolved oxygen in the water-sediment interface, but the nitrate respiration, suggests an anoxic condition of the sediment. The experiments conducted with xenobiotic compounds showed that the sediment microbiota were incapable as degrading these compounds.

## INTRODUÇÃO

A costa brasileira possui inúmeros ecossistemas lacustres, cujas formações se devem tanto aos processos fluviais, marinhos como fluvio-marinhos (Lamego, 1955). Em consequência, existem ecossistemas bem diferenciados quanto à gênese, fauna e flora, agrupando lagos costeiros e lagoas com características estuarinas ou marinhas, denominados, genericamente, de lagoas costeiras ou simplesmente lagoas. No litoral fluminense, as restingas são características de um ambiente de micro-maré e alta energia de ondas. A conjunção desses fatores propicia a formação de extensas restingas que tendem a isolar totalmente as lagoas costeiras como Araruama, Saquarema, Maricá e Jacarepaguá (Dias & Silva, 1984).

A cidade de Saquarema foi fundada por portugueses no século XVI e a primeira perturbação no ambiente, que se tem notícias, ocorreu na década de 40, em função da construção da rodovia Rio de Janeiro-Cabo Frio. A urbanização da região aumentou em 1950 e se acelerou na década de 70, com a construção da ponte Rio-Niterói. Na década de 50, o cultivo da cana-de-açúcar substituiu parte da floresta e na década de 60, as pastagens sucederam os canaviais, perdendo a lagoa 15% da sua superfície. O ecossistema da lagoa propiciou uma fauna rica e diversificada em peixes até a década de 70 (Almeida *et al.*, 1986). Hoje, a Lagoa de Saquarema tem desempenhado um papel econômico na região cada vez menor, visto estar ainda sofrendo profundas alterações nas suas condições naturais: assoreamento das margens e efluentes domésticos. Estudos de cunho ecológico que visem a compreensão da dinâmica das lagoas costeiras, são de fundamental importância não só para o entendimento do metabolismo de ecossistemas lacustres tropicais, como para o estabelecimento de programas com fins de conservação e utilização racional destes ambientes. Com a finalidade de se contribuir nesse sentido, foi realizado um estudo preliminar na Lagoa de Saquarema, nos meses de setembro/88 e 89, visando caracterizar-se parâmetros físicos-químicos na interface água/sedimento e no sedimento, bem como a obtenção de dados relativos à população de bactérias heterótrofas e de *Bacillus spp.* (Daumas, 1989; Marty *et al.*, 1989).

## ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa de Saquarema se localiza entre os paralelos 23°53' e 23°57'S de latitude e os meridianos 42°29' e 42°34'W de longitude (fig. 1). Faz parte do complexo fitogeográfico de restinga (Rizzini, 1979). Ela é dividida em uma sucessão de compartimentos; a oeste e a leste têm-se os "lagos" Urussanga e de Fora, que são interligados pelos compartimentos intermediários.

rios, "lagos" Jardim e Boqueirão (Lamego, 1945). A Lagoa de Saquarema tem uma superfície de 23km<sup>2</sup> e profundidade média de 1,00m. Uma intermitente comunicação com o oceano é localizada no "lago" de Fora e, presentemente, as influências entre os dois sistemas são bastante reduzidas. Foram escolhidos três estações de coleta (A, B, C) no "lago" de Fora para estudo dos parâmetros abióticos e bióticos da lagoa. As regiões circundantes às estações estão submetidas a intenso e desorganizado desenvolvimento urbano e a estação C apresenta um pequeno manguezal (Faria & Magalhães, 1954).



Figura 1 - Mapa da região com as estações de coleta.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Parâmetros Abióticos** - Na interface água/sedimento foram determinados oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e pH, com o aparelho Horiba Water Checker, mod U-7 com precisão de  $\pm 0,001$ . A salinidade e a clorinidade foram medidas com o refratômetro American Optical, mod. 10423.

No sedimento, entre 0-7 e 7-15cm de profundidade, foram determinados pH, teor de água, carbono orgânico, matéria orgânica, enxofre e fósforo totais (EMBRAPA, 1979).

**Parâmetros Bióticos** - Foram determinadas as populações de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. entre 0-7 e 7-15cm de profundidade (Alexander, 1965; Crapez, 1982) e caracterizadas pelos testes catalase, oxidase, gelatinase, amilase, produção de nitrito e de amônia, atividade aminoácido oxidase, hidrólise do Tween 80 e crescimento anaeróbio (Crapez *et al.*, 1988). A produção de CO<sub>2</sub>, de amostras coletadas nas profundidades de 0-7 e 7-15cm, em meios de cultura contendo ácido benzóico e bacto-peptona como fontes de carbono (Crapez, 1982), foi determinada por cromatografia gasosa (Hewlett-Packard, mod. 5710A, coluna DC-200).

## RESULTADOS

Em setembro/88, os sedimentos coletados na lagoa de Saquarema apresentaram populações de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp., as quais foram evidenciadas em meio de cultura peptonado, para permitir o crescimento de um maior número de bactérias com largo espectro de exigências nutricionais. Não foram utilizados fatores de crescimento sendo, portanto, populações prototróficas.

A tab. I apresenta a relação das estações de coleta, as médias dos teores de água e de matéria orgânica e o logaritmo do número mais provável de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. Para o teor de água, a maior média foi na estação B (28.61%) e, para a matéria orgânica foi a estação C (7.29%). O maior número de bactérias heterótrofas foi obtido nas estações A e B. A população de *Bacillus* spp. teve distribuição semelhante nas três estações A, B e C.

Tabela I – Relação das estações de coleta, médias do teor de água e de matéria orgânica e o logaritmo do número mais provável de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. em setembro/88.

Estações	Profundidade (cm)	Teor de água (%)	Matéria Orgânica(%)	Bactérias heterótrofas(log)	<i>Bacillus</i> spp. (log)
A	0-5	13.18	1.67	7.45	6.04*
B	0-15	28.61	2.12	7.45	6.06
C	0-15	16.80	7.29	5.52	6.41

\* *Bacillus* spp. detectados apenas entre 7-15cm de profundidade.

A fig. 2 apresenta as características das populações heterótrofas e de *Bacillus* spp. nas profundidades de 0-7 e 7-15cm de profundidade. Em 1988, as bactérias heterótrofas tinham catalase, amilase, reduziram o nitrato e cresceram em anaerobiose (0-7cm). Na mesma profundidade, *Bacillus* spp. tinham catalase (estação B), amilase (estações B e C), apresentaram crescimento anaeróbio e produziram nitrito (estações B e C). Entre 0-7cm de profundidade, na estação A, não foram detectados *Bacillus* spp. Entre 7-15cm de profundidade, a população heterótrofa teve respostas idênticas aos testes efetuados na profundidade de 0-7cm. *Bacillus* spp. tinham catalase (exceto estação C), amilase (exceto estação B), não cresceram em anaerobiose (exceto estação C) e reduziram o nitrato (exceto estação B). Em ambas as profundidades não ocorreu a hidrólise do Tween 80.

Em setembro/89, as estações A, B e C foram de novo estudadas tanto do ponto de vista bacteriológico, como também foram determinados outros parâmetros físico-químicos no sedimento e na interface água/sedimento. Os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos estudados na interface água/sedimento e nos sedimentos coletados das três estações são apresentados nas Tabs. II e III, respectivamente. A temperatura da água apresentou valores sempre elevados, variou de 22,2°C (estação B) a 25,5°C (estação C). As três estações de coleta apresentaram pH próximo de 7,00 (estação C) ou alcalino (estações A e B). Os valores para a condutividade elétrica variaram de 56,8mScm<sup>-1</sup> (estação A) a 44,6mScm<sup>-1</sup> (estação B). A salinidade variou de 0,20‰ (estação B) a 35,78‰(estação A). A estação C apresentou valores intermediários para a condutividade elétrica, salinidade, clorinidade e oxigênio dissolvido. Este variou de 74,71‰ (estação B) a 100‰ de saturação (estação A) (tab. II).

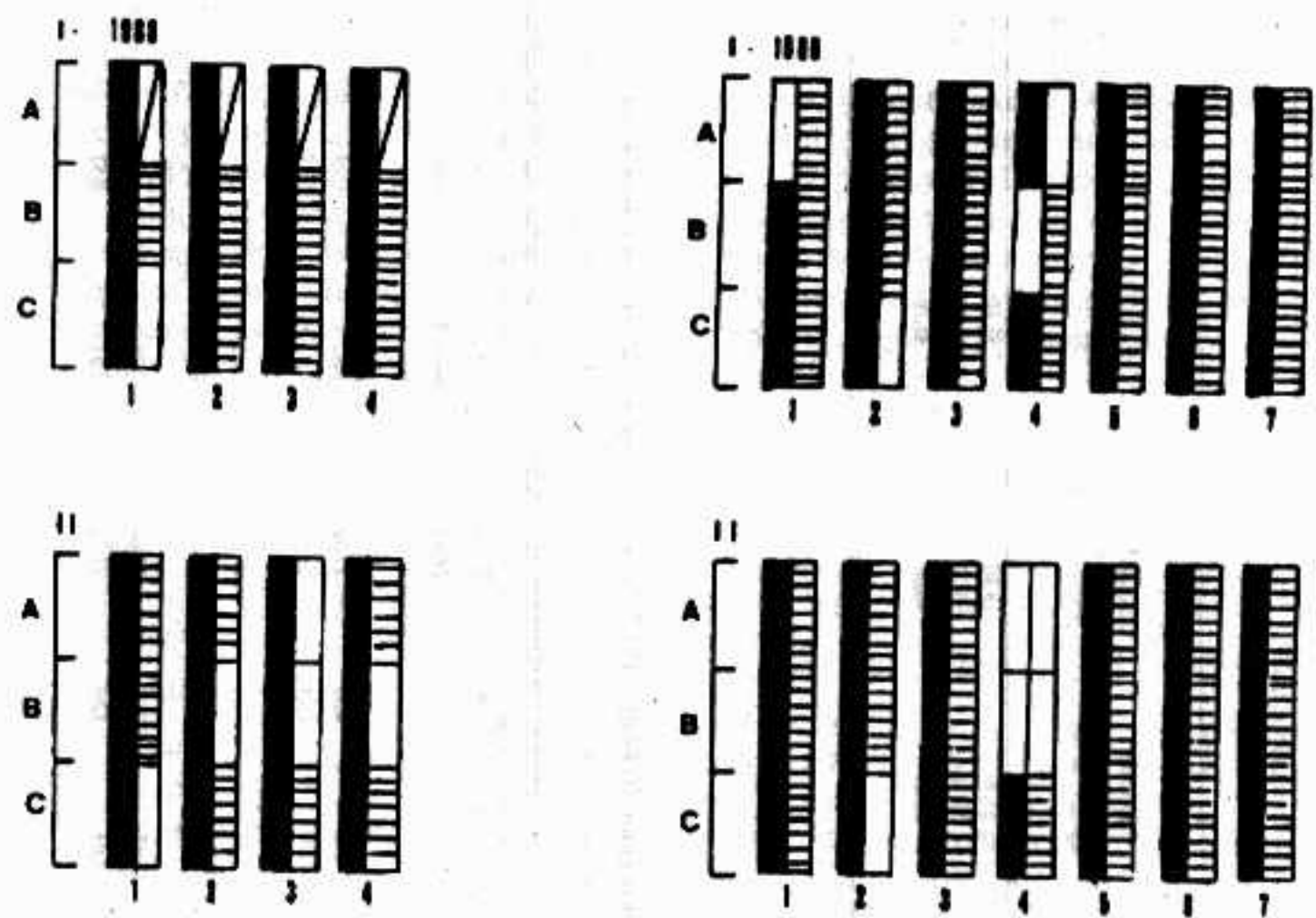


Figura 2 - Características das populações de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. nas três estações de coleta e nas profundidades de 0-7 (I) e 7-15 (II) cm.

- 100% positivo-bactérias heterótrofas,
- ▨ 100% *Bacillus* spp.,
- Negativo,
- ▤ Não detectado. Testes: 1. Catalase, 2. Amilase, 3. Crescimento anaeróbico, 4. Produção de nitrito e de 5. Amônia, 6. Gelatinase, 7. Oxidase

Tabela II - Parâmetros físico-químicos determinados na interface água/sedimento (setembro/89)

Estações	Temperatura (°C)	pH	Salinidade (‰)	Clorinidade (‰)	Condutividade elétrica (mScm <sup>-1</sup> )	Oxigênio dissolvido (% saturação)
A	25,60	8,00	35,70	19,80	56,80	100,00
B	22,20	7,70	0,38	0,20	44,40	74,71
C	26,5	6,90	30,14	16,68	48,70	81,60

Tabela III - Parâmetros físico-químicos determinados nos sedimentos e em profundidade de 0-7 e 7-15cm o número mais provável de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. (setembro/89)

Estações	Profundidade (cm)	Bactérias heterótrofas (log)	<i>Bacillus</i> spp. (log)	pH	Teor de água (%)	Matéria orgânica (%)	Carbão (g %)	Enxofre (g %)	Fósforo (ppm/g)
A	0-7	17,45	4,45	8,30	22,55	0,42	0,24	0,020	0,50
	7-15	17,45	2,70	8,24	22,05	0,23	0,13	0,012	0,39
B	0-7	17,45	15,34	7,65	24,87	1,47	0,85	0,0345	9,56
	7-15	17,45	10,90	7,27	24,05	3,14	1,82	0,0159	1,35
C	0-7	12,45	15,48	7,98	23,66	1,78	1,03	0,0375	2,33
	7-15	2,50	9,01	7,80	22,70	0,98	0,57	0,022	0,78

Os sedimentos coletados nas três estações apresentaram teores de água que variaram entre as profundidades estudadas. O mesmo ocorreu com a matéria orgânica, sendo que a maior porcentagem foi obtida na estação B (1,47% entre 0-7cm e 3,14% entre 7-15cm de profundidade) (tab. III).

O maior número de bactérias heterótrofas foi obtido nas estações A e B e o menor na estação C, entre 7-15cm de profundidade (tab. III). As maiores populações de *Bacillus* spp. foram evidenciadas nas estações B e C, com predominância nos sedimentos coletados entre 0-7cm de profundidade (tab. III).

As bactérias heterótrofas e *Bacillus* spp. se caracterizam, nas duas profundidades estudadas, por possuírem oxidase, gelatinase, amilase, crescimento anaeróbio e produção de amônia (fig. 2). A catalase foi evidenciada nas duas populações, exceto na estação A entre 0-7cm de profundidade (bactérias heterótrofas). Os dois grupos reduziram o nitrato a nitrito na estação C. Os testes aminoácido oxidase e hidrólise do Tween 80 foram negativos.

Para se determinar o potencial de *Bacillus* spp. para degradarem compostos aromáticos, enriquecemos com meios de cultura peptonado ou ácido benzóico as amostras de sedimentos coletados nas duas profundidades. As populações das estações A, B, e C, em presença de ácido benzóico como fonte de carbono, produziram menos CO<sub>2</sub> que o testemunho, cuja fonte de carbono é endógena (tab. IV).

Tabela IV - Produção de CO<sub>2</sub> (mol h<sup>-1</sup>) pela população de *Bacillus* spp. em sedimentos coletados nas estações A, B e C, em duas profundidades e utilizando duas fontes de carbono

Horas	0	24	72	144	192	240	312	360
Amostras								
Estação A								
0-7*	0,00	0,09	1,00	2,63	2,77	2,77	2,68	2,19
7-15*	0,01	0,03	0,90	2,63	2,55	2,50	2,29	2,38
0-7**	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
7-15**	0,01	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03
Testemunho	0,00	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,07	0,07
Estação B								
0-7*	0,00	0,10	3,06	6,21	6,27	6,45	6,21	6,11
7-15*	0,05	0,10	4,27	6,02	6,15	6,18	5,82	5,80
0-7*	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01
7-15**	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,07
Testemunho	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Estação C								
0-7*	0,01	0,30	1,48	5,90	5,85	5,90	5,60	5,94
7-15*	0,06	0,26	1,30	5,11	5,08	5,36	5,14	5,51
0-7**	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
7-15**	0,04	0,05	0,14	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08
Testemunho	0,00	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,04	0,08

\* meio de cultura peptonado

\*\* meio de cultura com ácido benzóico

## DISCUSSÃO

A Lagoa de Saquarema é um ambiente caracterizado pela eutrofização antrópica; os trabalhos realizados nessa região não abordam a microbiologia do ecossistema (Lamego, 1945; Faria & Magalhães, 1954; Oliveira & Krau, 1955). O estudo atual inicia uma proposta de trabalho com enfoque bacteriológico na lagoa. Nas três estações de coleta (fig. 1) foram determinados alguns parâmetros físico-químicos na interface água/sedimento e do sedimento (0-7 e 7-15cm de profundidade), quando se efetuou a coleta das amostras para o estudo da microbiota.

As bactérias heterótrofas são elo de ligação entre os meios abióticos e biótico, desempenhando papel fundamental na mineralização do carbono. *Bacillus* spp. são parte integrante da flora heterótrofa, mas seu nicho ecológico natural é o solo (Gibson & Gordon, 1974; Alexander, 1977), sendo que 7 a 67% das formas microbianas capazes de formar colônias em agar nutriente, pertencem a esse gênero (Alexander, 1977). Como o solo é o habitat natural, *Bacillus* spp. podem ser levados aos rios, lagoas e/ou ambientes marinhos pelo processo de erosão (Bensoussan *et al.*, 1979; van Elsas, 1983; Lombardo *et al.*, 1983).

Os resultados obtidos em setembro/88 mostram que a população de *Bacillus* spp., sob a forma de endósporos, representa a maioria da flora heterótrofa. Na estação C, *Bacillus* spp. supera o número de bactérias heterótrofas (tab. I). No ano seguinte, o estudo das populações microbianas, nas profundidades de 0-7 e 7-15cm, mostrou que *Bacillus* spp. têm pouca representatividade na flora heterótrofa da estação A, que se localiza na comunicação da lagoa com o Oceano Atlântico (tab. III). Estes dados confirmam o nicho ecológico da população (Gibson & Gordon, 1974; Alexander, 1977), levando-se em conta que, em 1988, entre 0-7cm de profundidade, não foram encontrados *Bacillus* spp. Na estação B, próximo à desembocadura do Rio Bacaxá, *Bacillus* spp. teve aumento expressivo em relação à população heterótrofa. Na estação C, repetiu-se o resultado do ano anterior, onde *Bacillus* spp. superaram a população heterótrofa (tab. III). Van Elsas (1983), estudando a desembocadura de riachos na Ilha do Fundão, Leblon, Leme e Barra da Tijuca, verificou que as contagens mais altas de *Bacillus* spp. sob a forma de endósporos, foram obtidas nos dois primeiros locais, caracterizados por uma maior poluição. Os mesmos resultados foram evidenciados na Laguna de Veneza durante a primavera, quando há predominância de endósporos Gram-positivos (Lombardo *et al.*, 1983). É fato notório que o endósporo representa a fase latente no ciclo de vida de *Bacillus* spp. Os experimentos "in vitro" têm mostrado a resistência deles frente aos agentes físicos e químicos e esta forma de vida se caracteriza como aquela capaz de enfrentar condições adversas, daí o seu significado ecológico (Keynan, 1978).

O método de contagem da população de bactérias heterótrofas evidencia tanto as células vegetativas, ativas bioquimicamente, como os endósporos aptos a germinarem. No entanto, a população de *Bacillus* spp. só é formada pelos endósporos que germinaram. Apesar de *Bacillus* spp. se originarem do solo adjacente à lagoa, eles se adaptaram à salinidade e à clorinidade (tab. II). As respostas aos testes utilizados para a caracterização das bactérias indicam semelhança entre as populações estudadas (fig. 2). No entanto, em setembro/88 foi detectada população de *Bacillus* spp. aeróbios estritos entre 7-15cm de profundidade, nas estações A e B. No ano seguinte, houve desaparecimento da população aeróbia, pois tanto a heterótrofa como os endósporos se caracterizaram pela anaerobiose facultativa, i.e., oxidase e crescimento anaeróbio positivos (fig. 2). Em algumas estações, as bactérias reduziram o nitrato, produzindo nitrito. No entanto, os dois grupos são capazes de realizarem a amonificação do nitrato. Pode-se inferir destes proces-



so que a microbiota utiliza o nitrato como "aceptor de elétrons", reduzindo-o a nitrito e/ou amônia (fig. 2). O processo de respiração do nitrato aponta que, apesar de haver oxigênio disponível na interface água/sedimento (tab. II), o mesmo não acontece no sedimento. Além disso, de setembro/88 para setembro/89, observou-se que o número de bactérias aumentou sensivelmente e que os endósporos cresceram em relação às bactérias heterótrofas. Tomando-se a matéria orgânica como um dos fatores que pudesse gerar um ambiente anóxico, causando estresse ambiental, verifica-se que ela decresceu de um ano para outro (tabs. I e III), não podendo ser estabelecidas correlações entre este parâmetro e as populações. Em 88, as estações A e B, com menores teores de matéria orgânica, apresentaram maiores populações de bactérias heterótrofas e menores populações de *Bacillus* spp. (tab. I). Em 89, a estação A apresentou menor porcentagem de matéria orgânica que em 88 e evidenciou maior população de bactérias heterótrofas e de *Bacillus* spp. A estação B, com maior teor de matéria orgânica que em 88, teve aumento expressivo nas duas populações. Nos dois anos, a estação C apresentou maior população de endósporos, independente do teor em matéria orgânica. Esta característica possivelmente está ligada às peculiaridades locais do manguezal (Faria & Magalhães, 1954).

A acelerada urbanização na orla da lagoa, provocando mais assoreamentos e despejo de águas usadas, favoreceram o aumento das populações bacterianas. Além disso, o desaparecimento da vegetação aquática densa contribuiu para o aumento da eutrofização e, a maior disponibilidade em nutrientes fizeram aparecer *Ulva* sp., *Cladophora* sp. e *Enteromorpha* sp. (Almeida *et al.*, 1986). Estas observações apontam no sentido de que, em lagos rasos, a matéria orgânica estaria sendo reciclada na coluna d'água (Esteves, 1984) e a sua porção recalcitrante se depositaria no sedimento. Caso houvesse oxigenação do sedimento, possivelmente as populações anaeróbias facultativas, passariam a oxidar completamente a matéria orgânica, já que *Bacillus* spp. têm o seu desempenho ecológico mais importante nas fases tardias da mineralização e a presença de formas complexas de compostos nitrogenados estimularia a sua multiplicação (Mishustin & Mirsoeva, 1968).

*Bacillus* spp. têm espectro nutricional diversificado (Crapez, 1982) servindo também como modelo para estudos de degradação de compostos xenobióticos.

Esta população e as outras heterótrofas, constituintes da microbiota da Lagoa de Saquarema, seriam capazes de depurar o meio ambiente, desde que fossem fornecidas condições para metabolismo aeróbio, i.e., abertura definitiva do canal de ligação com o Oceano Atlântico e infra-estrutura sanitária. A Lagoa de Saquarema, hoje, não pode receber efluentes contendo compostos xenobióticos, pois *Bacillus* spp. não estão aptos a degradar ácido benzóico em aerobiose (tab. IV). A população heterótrofa, incluindo *Bacillus* spp., pode vir a degradá-lo, mas nessa condição, os processos energéticos seriam nitrato ou sulfato-dependentes ou por fermentação metanogênica (Evans & Fuchs, 1988). Ecologicamente, a Lagoa de Saquarema deixaria de ser um ecossistema produtivo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Carlos Jorge Logullo de Oliveira, Ana Carla Mesquita (bolsistas de Iniciação Científica da FAPERJ) e Vânia C. Neri (bolsista da PETROBRÁS-CENPES) pela valiosa colaboração nos trabalhos de campo e de laboratório; à CIRM, à FAPERJ, à PETROBRÁS/CENPES e à IBM do Brasil pelo apoio financeiro recebido e a Eugenio C. Rocha pelo excelente trabalho datilográfico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M. 1965. Most-probable number method for microbial populations. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ESMINGER, L.E.; CLARK, F.E. ed. *Method of soil analyses*. Madison, USA, Amer. Soc. Agronomy, vol. 2. p. 1467-1472.
- \_\_\_\_\_. (1977) *Introduction to soil microbiology*. New York. Wiley 2. ed.
- ALMEIDA, S.A.S.; SILVA, L.F.F. & PEREIRA, R.C. (1986). Seaweed of Saquarema lagoon and their importance as fishery product. In: INTERNATIONAL SEAWEED SYMPOSIUM, 12, São Paulo. Resumos...
- BENSOUSSAN, M.; BIANCHI, A.; BIANCHI, M.; BOUDABOUS, A.; LIZARRAGA, P.M.L.; MARTY, D. & ROUSSOS, S. (1979). Bacteriologie des sediments et des eaux proches du fond en Atlantique Intertropical Est. I - Distribution et structure des populations bactériennes. In: *Geoquimie organique des sédiments marins profonds. Mission Orgon III*, Paris, CNRS, p. 13-26.
- CRAPEZ, M.A.C. (1982). *Isolement à partir du sol et étude de bactéries aérobies sporulées dégradant divers composés aromatiques*. Marseille. Université D' Aix-Marseille II. 76 p. (Tese).
- \_\_\_\_\_. TOSTA, Z.T. & LACERDA, T.P. (1988). Caracterização fenotípica de estirpes de *Bacillus circulans* pertencentes à American Type Culture Collection (ATCC). *Rev. Microbiol.* (São Paulo), 19:347-353.
- DAUMAS, R. (1989). Les bactéries de la couche superficielle du sédiment In: BIANCHI, M. ed. *Micro-organismes dans les écosystèmes océaniques*. Paris, Masson, p. 201-218.
- DIAS, G.T.M. & SILVA, C.G. (1984). Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos - exemplos ao longo do litoral fluminense. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURCO, B. org. *Restingas: origem, estrutura, processos*. Niterói, CEUFF. p. 47-60.
- EMBRAPA, (1979). *Manual de métodos de análise do solo, Parte 2*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos.
- ESTEVES, F.A.; ISHII, I.H.; & CAMARGO, A.F.M. (1984). Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; & TURCO, B. orgs. *Restingas: origem, estrutura, processos*. Niterói, CEUFF. p. 441-452.
- EVANS, W.C. & FUCHS, G. (1988). Anaerobic degradation of aromatic compounds. *Ann. Rev. Microbiol.* 42:289-317.
- FARIA, A. DE & MAGALHÃES, E. (1954). *A lagoa de Saquarema*. Rio de Janeiro, MA/Divisão de Caça e Pesca. 36 p.
- GIBSON, T. & GORDON, R.R. (1974). Bacillaceae Genus I *Bacillus*. In: BUCHANAN, R.E. & GIBSON, N.E. eds. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Baltimore, William and Wilkins, 8. ed. p. 529-550.
- KEYNAN, A. (1978). Spore structure and its relations to resistance, dormancy and germination. In: CHAMBLISS, G. & VARY, J.C. eds. *Spores VII*, Washington, D. C. American Society for Microbiology, p. 43-53.
- LAMEGO, A.R. (1945). *Ciclo evolutivo das lagoas fluminenses*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 48 p.
- \_\_\_\_\_. (1955). Geologia das quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé: *Brasil. Bol. Div. Geol. Min.* Rio de Janeiro, 154:1-60.
- LOMBARDO, A.; BIANCHI, M.A. & BIANCHI, A.J.M. (1983). Comparaison de la structure des communautés bactériennes de différents échantillons d'eau prélevés dans la lagune de Venise. *Oceanologica Acta* 6:313-320.
- MARTY, D.; BERTRAND, J.C. & CAUMETTE, P. (1989). Les métabolismes bactériens dans les systèmes sédimentaires marins. In: BIANCHI, M. ed. *Micro-organismes dans les écosystèmes océaniques*. Paris. Masson, p. 101-151.
- MISHUSTIN, E.N. & MIRSOEVA, V.A. (1968). Spore-forming bacteria in the soils of the URSS. In: GRAY, T.R.G. & PARKINSON, S. eds. *The ecology of soil bacteria*. Liverpool, University Press. p. 458-473.
- OLIVEIRA, L.H. & KRAU, L.M.A. (1955). Observações biogeográficas durante a abertura da lagoa de Saquarema. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 53:436-449.
- RIZZINI, C.T. (1979). *Tratado de fitogeografia do Brasil. Aspectos socialógicos e florísticos*. São Paulo, Hucitec. v. 2.
- VAN ELSAS, J.D. (1983). *Ecologia e taxonomia de Bacillus e seus bacteriófagos*. Rio de Janeiro, UFRJ, 158 p. (Tese).