^{712 5}
RUTH DE GOUVÊA DUARTE

7

EUTROFIZAÇÃO DA REPRESA DO LOBO: Observações Sobre Fatores que Contribuem para a Eutrofização de Represas em Climas Tropicais

Orientador: Prof. Dr. Aristides de Almeida Rocha

*Tese apresentada ao Departamento de Saúde
Ambiental da Faculdade de Saúde Pública
da Universidade de São Paulo, para obtenção
do Grau de "Doutor em Saúde Pública"*

VOLUME 1

*Faculdade de Saúde Pública
Universidade de São Paulo*

FSPUSP - São Paulo - 1982

Este trabalho recebeu apoio:

- Da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, através do Departamento de Hidráulica e Saneamento.
- Da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- Da Organização dos Estados Americanos.
- Do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

DEDICATÓRIA

A meu neto Gabriel Plastino Duarte, pedindo a Deus que ele possa viver num mundo melhor e mais justo que este, onde a Natureza seja respeitada e protegida e o Próximo seja verdadeira e cristãmente amado.

A Memória:

- De Meus Pais, os quais - com palavras e sobretudo com exem plo de vida - me ensinaram que amearhar conhecimentos é o único tesouro a ser juntado na terra.
- Do primeiro naturalista que conheci, meu tio Manuel Mar-tins Dias, que me ensinou a amar a natureza e a compreen-der que - mais que respeitá-la - é mister obedecê-la.
- De Sebastiana Emílio, a nossa Mãe Preta que, me substituín-do por anos nas tarefas domésticas, me ajudou a chegar até aqui. Se ainda contássemos com sua presença, este objeti-vo já teria sido atingido.

Meus melhores agradecimentos:

- Ao Professor Doutor Aristides Almeida Rocha, a quem respeito pela capacidade profissional e admiro pelas qualidades humanas e que é, para meu orgulho, orientador deste trabalho.
- Ao Professor Doutor Samuel Murgel Branco, de quem aprendi quanto sei - um quanto que, por incapacidade minha, é demasiado pouco: é pequena parcela do muito que me ensinou.
- Ao Professor Doutor Marcius Fantozzi Giorgetti, cuja capacidade de trabalho, clareza de raciocínio e objetividade de ações eu gostaria muito de conseguir imitar.
- Ao Professor Mario Tolentino que, com suas aulas de conteúdo inatacável e de didática inepreensível, dirigiram minha opção de carreira, despertando em mim o interesse pelas Ciências e o amor pelo Ensino.

Agradeço também

- Ao Professor Doutor Woodrow Nelson Lopes Roma, Diretor do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC-USP, e ao ex-Diretor Professor Doutor Antonio Marozzi Righetto, pelo auxílio na construção de equipamentos, na instalação e calibragem de instrumentos e, por poder contar com o CRHEA para o meu trabalho.
- Ao Professor Doutor Fazal Hussain Chaudry, ex chefe do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, pela inestimável colaboração através de toda a infra-estrutura de nosso departamento.
- Aos meus colegas, professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP - estranho agrupamento de profissionais com os mais diversos títulos, com diferentes interesses de trabalho, engajados em pesquisas de assuntos os mais variados e, no entanto - eficientes colaboradores para que o nosso seja um grupo de trabalho produtivo.
- Particularmente aos colegas Professores Eduardo Cleto Pires e Roberto Cleto Pires, amigos nas alegrias e nas vicissitudes e pacientes auxiliares no uso do fotomicroscópio.
- Muito especialmente aos Professores Arthur Mattos e Eugênio Foresti, companheiros no mesmo trecho final da estrada, cujos exemplos me conferiram ânimo e entusiasmo para alcançarmos juntos nosso título acadêmico.

Muito obrigada é pouco, mas é tudo que posso dizer aos funcionários do CRHEA:

- Às senhoritas América Jacyntho de Moraes, Luci Aparecida Queiroz e Maria Aparecida Peres Viudez, e ao senhor Dêcio Garbulho, Técnicos de Laboratório, pela colaboração nos exames físicos e análises químicas, pelo auxílio nas coletas de campo e - principalmente, pela dedicação amiga e carinhosa que dispensaram ao meu trabalho.
- Ao senhor Lucivaldo Perroni, sempre disposto a contornar quaisquer dificuldades que pudessem impedir os trabalhos dos funcionários que me auxiliaram nesta pesquisa.
- Ao Biólogo Carlos Eduardo Matheus pela ajuda, eficiente e rápida, na feitura de dezenas de lâminas para fotomicroscopia.
- À Senhorita Aparecida de Fátima Paviani, pela ajuda na datilografia e, especialmente, pelo companheirismo e estímulo nos momentos de dificuldade. À Senhorita Dirce Semensato, Técnica de Laboratório, pelo auxílio na exaustiva tarefa de compilar dados sobre o uso agro-pecuário do solo da Represa do Lobo. Às Senhoritas Célia Aparecida Pereira e Vera Lucia Pereira, Técnicas da Estação Climatológica, pela gentileza da coleta de dados meteorológicos.
- Às Bibliotecárias senhora Neide dos Santos Gava e à senhorita Ledenice Simão, pelo auxílio na feitura das referências bibliográficas e pela ajuda laboriosa na pesquisa bibliográfica.
- Ao senhor Ênio de Souza, colaborador no vai e vem diário para a Represa do Lobo e cuidadoso transportador de minhas amostras de água. Aos senhores José Coppi e João Miedzielisky, colaboradores no plantio e irrigação do milho, bem como pela coleta das águas de drenagem, necessárias ao meu trabalho.
- À senhora Leonildes Aparecida Gaspar que, silenciosamente, providenciava um gostoso cafezinho, quando as costas já doíam por longas e solitárias horas de contagem de algas.

Toda minha gratidão

- Às Secretárias do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, Marly Garcia Buzzo, Maria Aparecida Andrade Silva e Valderéz Aparecida Picon, pelos indispensáveis trabalhos administrativos e pela imprescindível eficiência colaborativa em incontáveis facilidades a mim concedidas por amizade, que muito prezo.
- Aos Biólogos Nelson Ferreira da Silva Júnior e Eloisa Pozzi, alunos do Curso de Pós-Graduação no Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, pela ajuda nas coletas de campo e, muito especialmente, pelo companheirismo carinhoso nos momentos de desânimo.
- Ao Reginaldo Resende Rumiatto, aluno do Curso de Graduação da EESC-USP, pela inestimável ajuda na feitura de gráficos e figuras e pela insubstituível companhia.
- Aos funcionários da Faculdade de Saúde Pública da USP, que mesmo à distância - sempre se mantiveram os mesmos amigos prestativos.

Obrigada, muito obrigada

- Ao aluno da EESC, George Kevork Kurkdjian, pelo auxílio nos programas de computação.
- À Professora Doutora Elizabeth de Mattos Moraes, da Universidade Federal de São Carlos, pela eficiente e gentil colaboração na técnica de espectrofotometria.
- À Bibliotecária da UFSCar, Maria Lúcia Raymundo Pacheco de Toledo, pelo auxílio amigo nas pesquisas bibliográficas.
- À Senhora Eunice Diva Garcia, Chefe da Seção de Publicações da EESC-USP, amiga e companheira, pela valiosa colaboração nas pesquisas da Bíblia.
- À Senhorita Doroty Vânia Bêrgamo, estudante de Biblioteconomia e Documentação, pela feitura das fichas catalográficas que compõem a bibliografia de meu trabalho.

Gratidão Carinhosa

- A meu marido Professor Doutor Luiz Romariz Duarte, pelo carinho, companheirismo e incentivo.
- A meus filhos Marcelo Cláudio, Fernando Henrique e Priscilla Martha e à minha nora Maria Ângela que entenderam quão gratificante é a árdua luta no magistério.
- Ao ex-aluno querido, José Marcos Alves - quase meu filho - pelo incentivo e, especialmente, pelo exemplo jovem de amor à Ciência.
- À Silvia Helena de Oliveira Machado, quase filha também, meiga companheira e entusiasmada incentivadora.
- A meus irmãos e cunhados, família de professores e "escribas" cujo exemplo é o maior dos incentivos e cujos aplausos são reforço do meu trabalho.
- À Margarida Maria Blandino da Silva, irmã por adoção, amiga em todos os percalços e companheira de todas as alegrias, pela centena de pequenos e grandes favores que me ajudaram a chegar até aqui.

ÍNDICE

	Pag.Nº	Vol.
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01	I
1.1. Justificativa	01	I
1.2. Proposição	03	I
2. INTRODUÇÃO	04	I
2.1. O Termo Eutrofização	04	I
2.2. Conceito de Eutrofização	07	I
2.2.1. Fator Limitante	10	I
2.3. A Água	12	I
2.3.1. A Água na História da Humanidade	12	I
2.3.2. A Água nos Tempos Modernos	27	I
2.3.2.1. Água no Brasil	47	I
2.3.2.1.1. Água em São Carlos	93	I
2.4. Causas da Eutrofização	100	I
2.4.1. Os Sais Minerais	102	I
2.4.1.1. O Nitrogênio	103	I
2.4.1.1.1. Histórico	104	I
2.4.1.1.2. Nitrificação	108	I
2.4.1.1.2.1. Fixação Simbiótica do Nitro- gênio	110	I
2.4.1.1.2.2. Biologia da Nitrificação	111	I
2.4.1.1.3. Microrganismo do Ciclo do Ni- trogênio	115	I

	Pag.Nº	Vol.
2.4.1.1.4. Ciclo do Nitrogênio	117	I
- Ilustração, Fig.1 Ciclo do Nitrogênio	A-243	II
2.4.1.1.4.1. Importância da Fixação do Nitrogênio no Ciclo	118	I
2.4.1.1.4.2. Perturbações no Ciclo do Nitrogênio	120	I
2.4.1.2. O Fósforo	120	I
2.4.1.2.1. Histórico	120	I
2.4.1.2.2. Fósforo e Produtividade Primária	125	I
2.4.1.2.2.1. Fixação do Fósforo	128	I
2.4.1.2.3. Ciclo do Fósforo	129	I
- Ilustração, Fig.2 - Ciclo do Fósforo	A-244	II
2.4.1.2.3.1 Perturbações no Ciclo do Fósforo	132	I
2.4.2. O Carbono	133	I
2.4.2.1. Histórico	133	I
2.4.2.2. Gás Carbônico em Água	134	I
2.4.2.3. Ciclo do Carbono	138	I
- Ilustração, Fig.3 - Ciclo do Carbono	A-245	II
2.4.2.3.1. Perturbações no Ciclo do Carbono	139	I
2.4.3. Fontes de Nitrogênio, Fósforo e Gás Carbonico	140	I
3. MATERIAIS E MÉTODOS	151	I
3.1. Metodologia Geral para testar a Hipótese-Tema	152	I
3.2. Critérios Adotados	152	I

	Pag.Nº	Vol.
3.2.1. Para escolha do Método de Quantificação	152	I
3.2.1.1. Contagem de Algas	152	I
3.2.1.1.1. Método de Sedgwick-Rafter (Palmer)	153	I
- Ilustração, Fig.4 - Célula de Sedgwick-Rafter é avaliação da precisão na contagem de algas	A-246	II
3.2.1.1.1.1. Contagem Total por Amostragem	153	I
3.2.2. Para Sistematização da Pesquisa	161	I
3.2.2.1. Metodologia e Equipamento	161	I
- Ilustração, Fig.5 - Estrado do Flutuante para coleta de amostras	A-247	II
- Ilustração, Fig.6 - Circuito de medida de Luminosidade submersa	A-248	II
3.2.2.2. Caracterização do Ecossistema de Estudo	163	I
- Ilustração, Fig.7 - Represa do Lobo	A-249	II
3.2.2.2.1. Fenômenos Climatológicos: variáveis intervenientes no crescimento de algas	164	I
3.2.2.3. Influência de Nitrogênio e ou Fósforo no crescimento de algas: ensaios de enriquecimento	165	I

	Pag.Nº	Vol.
3.2.2.3.1. Quantificação de Nitrogênio e Fósforo	165	I
3.2.2.4. Influência de Adubo em crescimento de Algas	166	I
3.2.2.4.1. Quantificação de Nitrogênio e Fósforo proveniente de adubo	167	I
3.2.2.5. Influência de Águas de Drenagem em Crescimento de Algas	167	I
3.2.2.5.1. Quantificação de Nitrogênio e Fósforo provenientes de Águas de Drenagem de Terreno Agrícola	168	I
3.2.2.5.2. Medida de Produção, através de Sólidos Voláteis	169	I
3.2.2.6. Influência do Uso e Ocupação do Solo	169	I
3.2.2.6.1. Sub-Bacias do Jacaré-Guaçu de influência na Represa do Lobo	169	I
3.2.2.6.2. Quantificação de adubo utilizado	169	I
4. RESULTADOS		
4.1. Contagem de Algas		I
- Tabela 1. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula nº.1	A-1	II
- Tabela 1.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-2	II

	Pag,Nº	Vol.
- Tabela 1.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso excluidos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-3	II
- Tabela 1.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-4	II
- Tabela 1.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 (100 extratos de 21 campos ao acaso: <u>excluí</u> dos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-5	II
- Tabela 2. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula nº.2	A-6	II
- Tabela 2.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-7	II
- Tabela 2.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 10 campos ao acaso; <u>excluí</u> dos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-8	II
- Tabela 2.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-9	II
- Tabela 2.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: ex-		

	Pag.Nº	Vol.
cluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-10	II
- Tabela 3. Contagem de Algas de uma Cultura (diluida 10 vezes) - Célula nº.3	A-11	II
- Tabela 3.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-12	II
- Tabela 3.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-13	II
- Tabela 3.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-14	II
- Tabela 3.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-15	II
- Tabela 4. Contagem de Algas de uma Cultura (diluida 10 vezes) - Célula 4.	A-16	II
- Tabela 4.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-17	II
- Tabela 4.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: ex-		

	Pag.Nº	Vol.
cluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-18	II
- Tabela 4.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-19	II
- Tabela 4.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-20	II
- Tabela 5. Contagem de Algas de Represa do Lobo - Célula nº.5	A-21	II
- Tabela 5.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-22	II
- Tabela 5.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-23	II
- Tabela 5.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-24	II
- Tabela 5.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-25	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 6. Contagem de Algas da Represa do Lobo - Célula nº.6	A-26	II
- Tabela 6.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 10 campos ao acaso)	A-27	II
- Tabela 6.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-28	II
- Tabela 6.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 21 campos ao acaso)	A-29	II
- Tabela 6.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna)	A-30	II
4.2. Levantamento Climatológico		I
4.2.1. Dados Climatológicos: Fonte Estação Climatológica - CRHEA - EESC - USP		I
- Tabela 7. Precipitação: altura pluviométrica (mm) ano 1980	A-31	II
- Tabela 8. Precipitação: altura pluviométrica (mm) ano 1981	A-32	II
- Tabela 9. Precipitação: altura pluviométrica (mm) ano 1982	A-33	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 10. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Janeiro de 1980	A-34	II
- Tabela 11. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Fevereiro de 1980	A-35	II
- Tabela 12. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Março de 1980	A-36	II
- Tabela 13. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Abril de 1980	A-37	II
- Tabela 14. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Maio de 1980	A-38	II
- Tabela 15. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Junho de 1980	A-39	II
- Tabela 16. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Julho de 1980	A-40	II
- Tabela 17. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Agosto de 1980	A-41	II
- Tabela 18. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Setembro de 1980	A-42	II
- Tabela 19. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Outubro de 1980	A-43	II
- Tabela 20. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Novembro de 1980	A-44	II
- Tabela 21. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Dezembro de 1980	A-45	II
- Tabela 22. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Janeiro de 1981	A-46	II
- Tabela 23. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Fevereiro de 1981	A-47	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 24. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Março de 1981	A-48	II
- Tabela 25. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Abril de 1981	A-49	II
- Tabela 26. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Maio de 1981	A-50	II
- Tabela 27. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Junho de 1981	A-51	II
- Tabela 28. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Julho de 1981	A-52	II
- Tabela 29. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Agosto de 1981	A-53	II
- Tabela 30. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Setembro de 1981	A-54	II
- Tabela 31. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Outubro de 1981	A-55	II
- Tabela 32. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Novembro de 1981	A-56	II
- Tabela 33. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Dezembro de 1981	A-57	II
- Tabela 34. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Janeiro de 1982	A-58	II
- Tabela 35. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Fevereiro de 1982	A-59	II
- Tabela 36. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Março de 1982	A-60	II
- Tabela 37. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Abril de 1982	A-61	II
- Tabela 38. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Maio de 1982	A-62	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 39. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Junho de 1982	A-63	II
- Tabela 40. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Julho de 1982	A-64	II
- Tabela 41. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Agosto de 1982	A-65	II
- Tabela 42. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - Setembro de 1982	A-66	II
- Tabela 43. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Janeiro de 1980	A-67	II
- Tabela 44. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Fevereiro de 1980	A-68	II
- Tabela 45. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Março de 1980	A-69	II
- Tabela 46. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Abril de 1980	A-70	II
- Tabela 47. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Maio de 1980	A-71	II
- Tabela 48. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Junho de 1980	A-72	II
- Tabela 49. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Julho de 1980	A-73	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 50. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Agosto de 1980	A-74	II
- Tabela 51. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Setembro de 1980	A-75	II
- Tabela 52. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Outubro de 1980	A-76	II
- Tabela 53. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Novembro de 1980	A-77	II
- Tabela 54. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Dezembro de 1980	A-78	II
- Tabela 55. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Janeiro de 1981	A-79	II
- Tabela 56. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Fevereiro de 1981	A-80	II
- Tabela 57. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Março de 1981	A-81	II
- Tabela 58. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Abril de 1981	A-82	II
- Tabela 59. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Maio de 1981	A-83	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 60. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Junho de 1981	A-84	II
- Tabela 61. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Julho de 1981	A-85	II
- Tabela 62. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Agosto de 1981	A-86	II
- Tabela 63. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Setembro de 1981	A-87	II
- Tabela 64. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Outubro de 1981	A-88	II
- Tabela 65. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Novembro de 1981	A-89	II
- Tabela 66. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Dezembro de 1981	A-90	II
- Tabela 67. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Janeiro de 1982	A-91	II
- Tabela 68. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Fevereiro de 1982	A-92	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 69. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Marco de 1982	A-93	II
- Tabela 70. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Abril de 1982	A-94	II
- Tabela 71. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Maio de 1982	A-95	II
- Tabela 72. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Junho de 1982	A-96	II
- Tabela 73. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (km/h)- Julho de 1982	A-97	II
- Tabela 74. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Agosto de 1982	A-98	II
- Tabela 75. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros (Km/h)- Setembro de 1982	A-99	II
- Tabela 76. Temperatura (°C) - Janeiro de 1980	A-100	II
- Tabela 77. Temperatura (°C) - Fevereiro de 1980	A-101	II
- Tabela 78. Temperatura (°C) - Março de 1980	A-102	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 79. Temperatura (°C) - Abril de 1980	A-103	II
- Tabela 80. Temperatura (°C) - Maio de 1980	A-104	II
- Tabela 81. Temperatura (°C) - Junho de 1980	A-105	II
- Tabela 82. Temperatura (°C) - Julho de 1980	A-106	II
- Tabela 83. Temperatura (°C) - Agosto de 1980	A-107	II
- Tabela 84. Temperatura (°C) - Setembro de 1980	A-108	II
- Tabela 85. Temperatura (°C) - Outubro de 1980	A-109	II
- Tabela 86. Temperatura (°C) - Novembro de 1980	A-110	II
- Tabela 87. Temperatura (°C) - Dezembro de 1980	A-111	II
- Tabela 88. Temperatura (°C) - Janeiro de 1981	A-112	II
- Tabela 89. Temperatura (°C) - Fevereiro de 1981	A-113	II
- Tabela 90. Temperatura (°C) - Março de 1981	A-114	II
- Tabela 91. Temperatura (°C) - Abril de 1981	A-115	II
- Tabela 92. Temperatura (°C) - Maio de 1981	A-116	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 93. Temperatura (°C) -		
Junho de 1981	A-117	II
- Tabela 94. Temperatura (°C) -		
Julho de 1981	A-118	II
- Tabela 95. Temperatura (°C) -		
Agosto de 1981	A-119	II
- Tabela 96. Temperatura (°C) -		
Setembro de 1981	A-120	II
- Tabela 97. Temperatura (°C) -		
Outubro de 1981	A-121	II
- Tabela 98. Temperatura (°C) -		
Novembro de 1981	A-122	II
- Tabela 99. Temperatura (°C) -		
Dezembro de 1981	A-123	II
- Tabela 100. Temperatura (°C) -		
Janeiro de 1982	A-124	II
- Tabela 101. Temperatura (°C) -		
Fevereiro de 1982	A-125	II
- Tabela 102. Temperatura (°C) -		
Março de 1982	A-126	II
- Tabela 103. Temperatura (°C) -		
Abril de 1982	A-127	II
- Tabela 104. Temperatura (°C) -		
Maio de 1982	A-128	II
- Tabela 105. Temperatura (°C) -		
Junho de 1982	A-129	II
- Tabela 106. Temperatura (°C) -		
Julho de 1982	A-130	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 107. Temperatura (°C) -		
Agosto de 1982	A-131	II
- Tabela 108. Temperatura (°C) -		
Setembro de 1982	A-132	II
- Tabela 109. Horas de insolação -		
Ano de 1980	A-133	II
- Tabela 110. Horas de insolação -		
Ano de 1981	A-134	II
- Tabela 111. Horas de insolação -		
Ano de 1982	A-135	II
- Tabela 112. Radiação Solar: área		
do Radiograma (cm ²) - ano de 1980	A-136	II
- Tabela 113. Radiação Solar: inten		
sidade (cal/cm ²) - ano de 1980	A-137	II
- Tabela 114. Radiação Solar: área		
de Radiograma (cm ²) - ano de 1981	A-138	II
- Tabela 115. Radiação Solar: inten		
sidade (cal/cm ²) - ano de 1981	A-139	II
- Tabela 116. Radiação Solar: área		
de Radiograma (cm ²) - ano de 1982	A-140	II
- Tabela 117. Radiação Solar: inten		
sidade (cal/cm ²) - ano de 1982	A-141	II
4.2.2. Análise de variância	180	I
4.2.2.1. Precipitação: Altura Pluviomē		
trica (mm)	181	I
- Tabela 118. Precipitação: Alturas		
Pluviométricas semanais (mm) -		
ano de 1980	A-142	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 119. Precipitações: Alturas Pluviométricas mensais (mm) - ano 1980	A-143	II
- Tabela 120. Precipitações: Alturas Pluviométricas semanais (mm) - ano de 1981	A-144	II
- Tabela 121. Precipitações: Alturas Pluviométricas mensais (mm) - ano de 1981	A-145	II
- Tabela 122. Precipitações: Alturas Pluviométricas semanais (mm) - ano de 1982	A-146	II
- Tabela 123. Precipitações: Alturas Pluviométricas mensais (mm) - ano de 1982	A-147	II
- Ilustração, Fig. 8 - Precipitação Pluviométrica; Alturas semanais - (De janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-250	II
- Ilustração, Fig.18 - Precipitação Pluviométrica; Alturas mensais - (De janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-260	II
4.2.2.2. Evaporação (mm)	182	I
- Tabela 124. Evaporação: médias semanais (mm) - ano de 1980	A-148	II
- Tabela 125. Evaporação: médias semanais - ano de 1980	A-149	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 126. Evaporação: médias se manais - ano de 1981	A-150	II
- Tabela 127. Evaporação: médias mensais - ano de 1981	A-151	II
- Tabela 128. Evaporação: médias se manais - ano de 1982	A-152	II
- Tabela 129. Evaporação: médias mensais - ano de 1982	A-153	II
- Ilustração, Fig. 9 - Evaporação: Médias semanais (de Janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-251	II
- Ilustração, Fig.19 - Evaporação: Médias mensais (de Janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-261	II
4.2.2.3. Vento (Km/h)	182	I
- Tabela 130. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias semanais- ano de 1980	A-154	II
- Tabela 131. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias mensais - ano de 1980	A-155	II
- Tabela 132. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias semanais- ano de 1981	A-156	II
- Tabela 133. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias mensais - ano de 1981	A-157	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 134. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias semanais-ano de 1982	A-158	II
- Tabela 135. Vento: anemômetro do tanque (Km/h) - médias mensais - ano de 1982	A-159	II
- Tabela 136. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias semanais - ano de 1980	A-160	II
- Tabela 137. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias mensais - ano de 1980	A-161	II
- Tabela 138. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias semanais - ano de 1981	A-162	II
- Tabela 139. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias mensais - ano de 1981	A-163	II
- Tabela 140. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias semanais - ano de 1982	A-164	II
- Tabela 141. Vento: anemômetro e-levado a 2 metros (Km/h) - médias mensais - ano de 1982	A-165	II
- Ilustração, Fig.10 - Vento: Anemômetro do tanque, médias semanais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-252	II

	Pag.Nº	Vol.
- Ilustração, Fig.11 - Vento: Anemômetro elevado a 2 metros, médias semanais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-253	II
- Ilustração, Fig.20 - Vento: Anemômetro do tanque, médias mensais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-262	II
- Ilustração, Fig.21 - Vento: Anemômetro elevado a 2 metros, médias mensais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-263	II
4.2.2.4. Temperatura (°C)	184	I
- Tabela 142. Temperatura mínima (°C) - médias semanais - ano 1980	A-166	II
- Tabela 143. Temperatura mínima (°C) - médias mensais - ano 1980	A-167	II
- Tabela 144. Temperatura máxima (°C) - médias semanais - ano 1980	A-168	II
- Tabela 145. Temperatura máxima (°C) - médias mensais - ano 1980	A-169	II
- Tabela 146. Temperatura média (°C) - médias semanais - ano 1980	A-170	II
- Tabela 147. Temperatura média (°C) - médias mensais - ano 1980	A-171	II
- Tabela 148. Temperatura mínima (°C) - médias semanais - ano 1981	A-172	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 149. Temperatura mínima		
(°C) - médias mensais - ano 1981	A-173	II
- Tabela 150. Temperatura máxima		
(°C) - médias mensais - ano 1981	A-174	II
- Tabela 151. Temperatura máxima		
(°C) - médias mensais - ano 1981	A-175	II
- Tabela 152. Temperatura média		
(°C) - médias semanais - ano 1981	A-176	II
- Tabela 153. Temperatura média		
(°C) - médias mensais - ano 1981	A-177	II
- Tabela 154. Temperatura mínima		
(°C) - médias semanais - ano 1982	A-178	II
- Tabela 155. Temperatura mínima		
(°C) - médias mensais - ano 1982	A-179	II
- Tabela 156. Temperatura máxima		
(°C) - médias semanais - ano 1982	A-180	II
- Tabela 157. Temperatura máxima		
(°C) - médias mensais - ano 1982	A-181	II
- Tabela 158. Temperatura média		
(°C) - médias semanais - ano 1982	A-182	II
- Tabela 159. Temperatura média		
(°C) - médias mensais - ano 1982	A-183	II
- Ilustração, Fig.12 - Médias semanais das Temperaturas mínimas (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-254	II

	Pag.Nº	Vol.
- Ilustração, Fig.13 - Médias semanais das Temperaturas médias (de janeiro de 1980 a setembro de 1982)	A-255	II
- Ilustração, Fig.14 - Médias semanais das Temperaturas máximas (de janeiro de 1980 a setembro de 1982)	A-256	II
- Ilustração, Fig.22 - Médias mensais das Temperaturas mínimas (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-264	II
- Ilustração, Fig.23 - Médias mensais das Temperaturas médias (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-265	II
- Ilustração, Fig.24 - Médias mensais das Temperaturas máximas (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-266	II
4.2.2.5. Horas de Insolação	186	I
- Tabela 160. Horas de insolação		
- médias semanais - ano 1980	A-184	II
- Tabela 161. Horas de insolação		
- médias mensais - ano 1980	A-185	II
- Tabela 162. Horas de insolação		
- médias semanais - ano 1981	A-186	II
- Tabela 163. Horas de insolação		
- médias mensais - ano 1981	A-187	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 164. Horas de insolação		
- médias semanais - ano 1982	A-188	II
- Tabela 165. Horas de insolação		
- médias mensais - ano 1982	A-189	II
- Ilustração, Fig.15 - Horas de Insolação; Médias semanais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982)	A-257	II
- Ilustração, Fig.25 - Horas de Insolação; Médias mensais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982).	A-267	II
4.2.2.6. Radiação Solar (cal/cm^2)	187	I
- Tabela 166. Radiação Solar: área do Radiograma (cm^2) - médias semanais - ano 1980	A-190	II
- Tabela 167. Radiação Solar: área do Radiograma (cm^2) - médias mensais - ano 1980	A-191	II
- Tabela 168. Radiação Solar: área do Radiograma (cm^2) - médias semanais - ano 1981	A-192	II
- Tabela 169. Radiação Solar: área do Radiograma (cm^2) - médias mensais - ano 1981	A-193	II

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 170. Radiação Solar: área do Radiograma (cm ²) - médias semanais - ano 1982	A-194	II
- Tabela 171. Radiação Solar: área do Radiograma (cm ²) - médias mensais - ano 1982	A-195	II
- Tabela 172. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias semanais - ano 1980	A-196	II
- Tabela 173. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias mensais - ano 1980	A-197	II
- Tabela 174. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias semanais - ano 1981	A-198	II
- Tabela 175. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias mensais - ano 1981	A-199	II
- Tabela 176. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias semanais - ano 1982	A-200	II
- Tabela 177. Radiação Solar: Intensidade (cal/cm ²) - médias mensais - ano 1982	A-201	II
- Ilustração, Fig.16 - Radiação Solar: Intensidade; Médias semanais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982)	A-258	II

	Pag.Nº	Vol.
- Ilustração, Fig.26 - Radiação Solar: Intensidade; Médias mensais (de janeiro de 1980 a setembro de 1982)	A-268	II
4.3. Avaliação Quantitativa de Algas	189	I
4.3.1. Algas e Climatologia	189	I
- Tabela 178. Variação da quantidade de algas em relação às características climáticas	A-202	II
- Ilustração, Fig.17 - Contagem de Algas da Represa do Lobo; Médias semanais (de abril de 1981 a setembro de 1982)	A-259	II
- Ilustração, Fig.27 - Contagem de Algas da Represa do Lobo; Médias mensais (de abril de 1981 a setembro de 1982)	A-269	II
4.3.2. Influência de Nitrogênio e Fósforo no crescimento de Algas	189	I
- Tabela 179. Variação da quantidade de algas: influência de nitrogênio e Fósforo	A-208	II
- Ilustração, Fig.28.1 - Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frasco controle	A-270	II

- Ilustração, Fig.28.2 - Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Nitrogênio (mg de N por litro de água)	A-271	II
- Ilustração, Fig.29.3 - Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Fósforo (mg de F por litro de água)	A-272	II
- Ilustração, Fig.28.4 - Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Nitrogênio e Fósforo (mg de N e mg de P por litro de água)	A-273	II
4.3.3. Influência de adubo no Crescimento de Algas	190	I
- Tabela 180. Variação da quantidade de de algas: influência de adubo	A-219	II
- Ilustração, Fig.29.1 - Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta controle	A-274	II
- Ilustração, Fig.29.2 - Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta com adubo da dosagem recomendada	A-275	II

- Ilustração, Fig.29.3 - Variação da quantidade de algas - influência de adubo.

Canaleta com adubo na metade da dosagem recomendada

A-276 II

- Ilustração, Fig.29.4 - Variação da quantidade de algas - influência de adubo.

Canaleta com adubo no dobro da dosagem recomendada

A-277 II

4.3.4. Influência de Águas de Drenagem de Terrenos Adubados, em Crescimento de Algas

191 I

- Tabela 181. Variação da quantidade de de algas: águas de drenagem de terreno adubado

A-228 II

- Ilustração, Fig.30.1 -Variação da quantidade de algas: águas de drenagem.

CFI Frasco com água da Canaleta controle

A-278 II

- Ilustração, Fig.30.2 - Variação da quantidade de algas: águas de drenagem

CFII Frasco com água da Canaleta II (adubo na dosagem recomendada)
CFIII Frasco com água da Canaleta II (50% de diluição)

A-279 II

- Ilustração, Fig.30.3 - Variação da quantidade de algas: águas de drenagem

CFIV Frasco com água da canaleta III (adubo na metade da dosagem recomendada)

CFV Frasco com água da canaleta III (50% de diluição)

A-280 II

- Ilustração, Fig.30.4 - Variação da quantidade de algas: águas de drenagem

CFVI Frasco com água da canaleta IV (adubo no dobro da dosagem recomendada)

CFVII Frasco com água da canaleta IV (50% da diluição)

A-281 II

.3.5. Produção, em laboratório, de Amostras drenadas de terreno Agriculturado: Sólidos Voláteis (mg/l)

192 I

- Tabela 182. Produção, em laboratório, de amostras de águas drenadas de terreno agriculturado

A-241 II

4.4. Agricultura na Bacia do Jacaré-Guaçu; influência nas águas da Represa do Lobo

193 I

	Pag.Nº	Vol.
- Tabela 183. Agricultura na Bacia do Jacaré-Guaçu: Sub-bacias da zona de influência na Represa do Lobo (Broa)	A-242	II
5. DISCUSSÃO	194	I
5.1. Amostragem e Quantificação	194	I
5.2. Contagem de Algas em Células de Sedgwick-Rafter: Avaliação da precisão dos métodos	195	I
5.2.1. Contagem por Amostragem de 21 Campos ao Acaso	197	I
5.3. Características Climáticas da Represa do Lobo, e da Região	198	I
5.3.1. Precipitação Pluviométrica	202	I
5.3.2. Evaporação	204	I
5.3.3. Vento	205	I
5.3.4. Temperatura	206	I
5.3.5. Insolação	207	I
5.3.6. Radiação Solar	208	I
5.4. Variação da Quantidade de Algas em Relação às Características Climáticas	209	I
5.5. Variação da Quantidade de Algas; Influência de Nitrogênio e Fósforo	212	I
5.6. Variação da Quantidade de Algas: Influência de Adubo	215	I

	Pag.Nº	Vol.
5.7. Variação da Quantidade de Algas:		
Águas de Drenagem de Terreno Adu bado	216	I
5.8. Produção em Laboratório de Amos- tras de Água Drenadas de Terreno Agriculturado	217	I
5.9. Agricultura na Bacia do Jacaré- Guaçu: Sub-Bacia das Zonas de In fluência da Represa do Lobo (Broa)	218	I
• 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	219	I
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	223	I

SUMÁRIO

EUTROFIZAÇÃO DA REPRESA DO LOBO: Observações Sobre Fatores que Contribuem para a Eutrofização de Represas em Climas Tropicais.

A introdução de forma acelerada, de nutrientes orgânicos e minerais nos lagos e represas contribui para o aumento da produtividade dos mesmos, ocasionando - frequentemente - o fenômeno conhecido por Eutrofização das Águas, responsável por desequilíbrios ecológicos nos ecossistemas aquáticos dificultando o mais nobre dos seus usos legítimos: Água para Abastecimento.

Esgotos domésticos e industriais, águas de chuvas drenadas da área urbana e águas de drenagem de terrenos agriculturados são as mais importantes fontes alóctones do incremento de fertilizantes das massas d'águas.

Neste trabalho foram avaliadas as variações da biomassa relacionando-as com fatores climáticos e com operações de caráter cíclico, que fazem parte da atividade agrícola desenvolvida em uma bacia hidrográfica de características preponderantemente rurais. Tal avaliação foi feita através do método quantitativo de Contagem de Algas em célula de Sedgwick-Rafter, técnica simples e rotineira em laboratórios de pesquisa e de tecnologia. Procurou-se aprimorar essa metodologia através do tamanho de uma amostra mais representativa da população em estudo.

Acredita-se que em regiões tropicais as oscilações de fatores climáticos pouco contribuem para a biomassa de represas que mantêm produção praticamente constante durante todo o ano. Pequenas flutuações da quantidade de algas parecem estar relacionadas a operações do sistema hidráulico e a ocupação e uso do solo da bacia de drenagem que - através de vento, chuvas e águas de irrigação - carreiam, para as águas, partículas de materiais orgânico e mineral que contribuem para a floração das águas.

Este trabalho pretende contribuir com subsídios para que os que tomam decisões a nível legislativo, possam planejar um mais racional uso do solo das bacias de drenagem.

ABSTRACTS

EUTROPHICATION OF LOBO RESERVOIR: some observations on the factors that contribute to Eutrophication of Reservoir in Tropical Climates.

The accelerated introduction of organic and mineral nutrients into the lakes and reservoirs, causes in them an increased productivity which frequently provokes the phenomenon known as Water Eutrophication, by itself, responsible for ecological disequilibrium of the aquatic ecosystems and thus making it difficult for these water bodies to perform their basic function, namely, Water Supply.

Domestic and industrial wastes, urban stormwaters and run-off from lands are some of the most alien sources of addition of fertilizers to the water masses.

In the present work the biomass variations were evaluated relating them to the climatic factors and other operations of a periodic nature which form part of the agricultural activity in a preponderantly rural hydrographic basin. These evaluations were made through the quantitative Method of Counting of Algal in Sedgwick-Rafter Cell - a simple routine technique employed in research laboratory. An effort was made to improve this technique by previous choice of the size of the most representative sample of the population under investigation.

It is believed that, in the tropical regions, the oscillations in the climatic factors contribute less to the biomass in the water reservoirs which maintain their production at practically constant levels all the year round. Small fluctuations in the amount of algal seem to be related more to the operations on the hydraulic systems and the occupation and soil management in the drainage basin which, through the action of wind, rain and irrigation overflows, transport to the water bodies, particulates of organic and mineral substances contributing to the algal boom in these bodies.

The results presented here contribute with supporting material in order that those responsible for the decision taking at the legislative level, could plan more rational soil management policies in the drainage basin.

"Knowledge is of a two kinds;
we know a subject ourselves
or we know where we can get
information upon it"

Samuel Johnson, 1709-1784

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1- Justificativa

O fenômeno conhecido por Eutrofização das Águas constitui, atualmente, uma das mais graves conseqüências da explosão demográfica e um dos mais sérios problemas de Engenharia Sanitária. A introdução - de forma acelerada, de nutrientes orgânicos e minerais nos lagos e represas contribui para o aumento da produtividade dos mesmos, podendo ser benéfica - em alguns casos e até certo ponto - por permitir o enriquecimento da vida aquática.

Entretanto, quando realizada em ritmo muito acelerado e de forma ilimitada, é causa de desequilíbrios ecológicos caracterizados, principalmente, por uma produção de biomassa muito maior que aquela que pode ser absorvida e estabilizada por uma cadeia de alimentação.

A conseqüência imediata é o acúmulo de grandes mas

sas orgânicas, que passam a ser diretamente utilizadas por organismos decompositores, provocando elevadas demandas de oxigênio. Além disso, essas massas orgânicas tendem a se depositar no fundo dos lagos e represas, assoreando-os e entrando em um processo de decomposição anaeróbia com formação de sub produtos os quais, por sua toxidez e outras características afetam - negativamente - todo o ecossistema aquático.

De um ponto de vista tecnológico ligado ao abastecimento das cidades, são enormes os prejuízos econômicos e sanitários provenientes da degradação da Qualidade das Águas (não apenas quanto ao caráter estético e organoléptico mas, ainda, pela formação de compostos tóxicos) e também da rápida e progressiva perda da capacidade de acumulação das represas, causada pelo assoreamento.

Nos anos cinquenta teve início o aprimoramento da tecnologia do tratamento terciário de esgotos municipais e industriais, com o propósito de remover Nitrogênio e Fósforo dos efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos. Lamentavelmente os processos são muito dispendiosos sendo, inclusive, mais onerosos que os tratamentos primário e secundário que o precedem.

Além disso, os esgotos domésticos e industriais não são a única fonte de enriquecimento dos lagos em Nitrogênio e Fósforo. Águas de chuva drenadas da área urbana e águas de drenagem das regiões de cultivo, também carregam nutrientes para lagos e represas.

Assim, os sérios problemas de Eutrofização não poderão ser solucionados apenas através de uma mais aprimorada e mais econômica tecnologia de tratamento de resíduos municipais e industriais. Há que se incrementar pesquisas bá-

sicas visando um melhor conhecimento dos vários fatores intervenientes no processo de Eutrofização com o objetivo de tentar o controle, nas represas, da economia de nutrientes, de modo a garantir sua maior assimilação pelo próprio ecossistema.

1.2- Proposição

A medida - em um ano - das variações de biomassa, acompanhada de informações relativas a efeitos climáticos e às operações de caráter cíclico que fazem parte da atividade agrícola, desenvolvida em uma bacia hidrográfica de características preponderantemente rurais, deverá permitir verificar em que medidas tais variações de produtividade são devidas a efeitos verdadeiramente sazonais ou a simples mudanças de caráter físico-químico das águas, em consequência do uso do solo, pelo homem.

Por outro lado, essa avaliação implica na seleção e aperfeiçoamento de uma tecnologia adequada e confiável que permita determinar a quantidade de biomassa, predominantemente constituída de microscópicos organismos aquáticos. Essa metodologia deverá ser, também, a mais simples possível, de molde a permitir o seu uso rotineiro por Estações de Tratamento de Águas que não dispõem de aparelhos e instrumentos sofisticados que carecem de técnicos especializados, e de manutenção constante. Nossas Estações de Tratamento de Água, que devem existir em qualquer comunidade, necessitam fazer o controle da qualidade de suas águas, dentro de nossa realidade, isto é, com metodologia simples e barata, porém efetiva quanto a garantir a Saúde Pública.

"Se você quer conversar
comigo precisa antes
definir seus termos"

Voltaire 1694-1778

2. INTRODUÇÃO

2.1- O termo Eutrofização

Os termos Eutrófico, Mesotrófico e Oligotrófico , em suas respectivas formas alemãs Nährstoffreichere, Mittehreiche, Nährstoffarme, foram primeiramente usados em 1907 por C. A. Weber - com os significados de bem nutrido ou rico em nutrientes (Nährstoffreichere = Eutrófico), semi nutrido (Mittehreiche = Mesotrófico) e mal nutrido ou pobre em nutrientes (Nährstoffarme = Oligotrófico) - para descrever as condições de nutrientes determinadas pela natureza química dos solos pantanosos da Alemanha (G.E. Hutchinson, 1969; S. M. Branco, 1969; C.C. Amaral e Silva, 1972).

Em 1910, ao estudar as algas de lagos suecos, E. Nauman concluiu existir uma relação direta entre fitoplâncton e nutrientes e "intuiu" que Nitrogênio e Fósforo seriam im-

portantes fatores na composição e qualidade do fitoplâncton, mas os termos eutrófico e oligotrófico, ele somente os utilizou em 1919, e em alemão (G.E. Hutchinson, 1969; W. Rhode, 1969; S.M. Branco, 1969; C.C. Amaral e Silva, 1972).

Eutrophic em inglês antecede Eutrophication; aquele é usado em 1947 por A.D. Hasler e este último por J.B. Lackey em 1958.

Embora popular na Europa Ocidental o termo Eutrofização não tem uso corrente na Europa Oriental, muito embora haja problemas, inclusive de eutrofização natural, bastante sérios, em quase toda Europa Oriental (M. Straskraba e V. Straskrabová, 1969).

No Brasil, Eutrophication foi usado em 1956 pelo professor Alfred Bartsch, em curso ministrado no D.A.E. (Departamento de Águas e Esgotos) sob patrocínio do SESP (Serviço Especial de Saúde Pública)*.

Em português, Eutrofização foi utilizado por S.M. Branco em 1962 no "Curso Ecologia de Algas de Água Doce", do Instituto de Botânica de São Paulo, e logo depois, em publicações (S.M. Branco, 1964, 1965).

Carlos Celso do Amaral e Silva, 1972, em sua tese de doutoramento propõe "de uma maneira geral eutrofização significa para nós um processo natural, envolvendo um aumento de produtividade biológica de um corpo de água como consequência da introdução de nutrientes originários de fontes naturais. Eutrofização acelerada, por sua vez, será entendida

* Comunicação pessoal com o Professor Doutor Samuel Murgel Branco, da EESC-USP e do Instituto Mauá de Tecnologia.

da como conseqüência dos processos de adição de quantidades excessivas de nutrientes, decorrentes de atividades humanas, diminuindo de maneira radical o intervalo de tempo necessário para a ocorrência natural da passagem de um sistema oligotrófico para eutrófico".

F. Mac Intyre e R.W. Holmes, 1971, propõem que os termos eutrophie e eutrophisation, sejam reservados para fenômenos naturais de eutrofização e para fenômenos causados por despejos urbanos e industriais sejam usados distrophie e distrophisation (apud Eugêne Ramade, 1974).

Em língua portuguesa, às vezes encontramos má e literal tradução do inglês, do termo Eutrophication dando Eutrofização (!). "Eutrofização é a decorrência do estado ou ação de alimentar ou nutrir bem. Pela sua origem, deve-se usar eutrofização em vez de eutroficação que é uma tradução simples da expressão inglesa eutrophication" (J.F. Vieira e C.A. Moraes, 1976).

Em língua portuguesa o sufixo icar é reservado para transmitir aos verbos matiz frequentativo-diminutivo, como em bebericar ou chuveicar. Por sua vez o sufixo izar transmite aos verbos ação factitiva, isto é, tem o sentido de tornar-se, ou seja é atribuição de qualidade ou modo de ser:**

O sufixo izar, em português, invoca verbos indicadores de ação factitiva, é o que se deve apor ao substantivo Eutrofia, dando-nos Eutrofizar e Eutrofização (e não eutroficar (!) e eutroficação (!). Eutrofia é palavra dicionarizada e, portanto, dela se originam Eutrofizar e Eutrofiza

** Comunicação pessoal com as Professoras de português Judith Butcher de Arruda Bruno e Maria Heloisa Martins Dias.

ção*** Além dessa regra de formação de palavras, também há outra - é fundamental o uso da norma para comunicação, vale dizer, deve-se utilizar de preferência o que é normal e abondado, de uso freqüente: no caso Eutrofizar e Eutrofização*** E mais, sempre que possível se deve lembrar do uso do termo em outras línguas neo-latinas*** Nas línguas Francesa, Espanhola e Italiana, oriundas - como o português - do Latim, pelos mesmos motivos são encontrados respectivamente Eutrophisation (B. Dussart, 1966; F. Ramade, 1974); Eutrofisación (R. Margalef, 1974 e F. Ramade, tradução de J.E. Hernandez Bermejo e H. Sainz Ollero); e Eutrofizzazione (E. Grimaldi, 1973, 1976; Atti del Convegno sulla eutrofizzazione in Italia, 1978).

Os termos Eutrofizar e Eutrofização, embora utilizados por C.A. Weber (1907) e E. Neuman (1919), somente passaram a ser realmente utilizados, com o conceito que hoje têm, sessenta anos depois de utilizados pela vez primeira (G.E. Hutchinson, 1969) e é a partir de 1969 que seu uso se tornou corrente.

2.2- Conceito de Eutrofização das águas

Nos últimos vinte anos, no mundo todo, o fenômeno da Eutrofização tem sido preocupação não só de limnologistas, mas também de sanitaristas. Tema importante em Ecologia Aplicada consiste, fundamentalmente, no enriquecimento das águas por nutrientes - em ritmo tal que não pode ser compen

*** Orientações, através de comunicação pessoal, do Prof. Dr. Izidoro Blikstein, Professor adjunto do Departamento de Lingüística da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

sado por sua eliminação definitiva através de mineralização total, de modo que a decomposição do excesso de matéria orgânica produzida faz decrescer muito a concentração de oxigênio nas águas (R. Margaleff, 1974).

Em numerosos casos, a evolução das massas d'água não se dá apenas por fatores que, fortuitamente, concorrem para seu enriquecimento, mas também pela ação do homem que, voluntariamente ou não, introduz no meio elementos causadores de desequilíbrio (B. Dussart, 1966).

Eutrofização é um processo de fertilização, isto é, é o aumento da produção - em um ecossistema aquático - pela elevação da quantidade de elementos que constituem fatores limitantes.

A circulação de nutrientes num lago é bastante importante para a caracterização de sua produtividade, já que ela é definida, no aspecto geral, como sua capacidade de alimentar organismos aquáticos associados à sua riqueza em nutrientes que possibilitam a vida e a reprodução de tais organismos (S.M. Branco, 1969, 1971, 1978; C.C. Amaral e Silva, 1972).

Diversos fatores afetam a circulação de nutrientes em corpos d'água, como por exemplo, profundidade do lago, inclinação e conformação das margens, temperatura, idade, natureza e modo de introdução das cargas poluidoras, fertilidade e portanto - uso agro-pecuário da bacia de drenagem (J.A. Borchardt, 1969; S.M. Branco, 1969, 1971, 1980; R. C. Whitaker, 1969; E.J. Middlebrooks et alii, 1971).

Os fertilizantes, responsáveis pela eutrofização, podem trazer benefícios ou prejuízos ao ecossistema, dependendo de causar ou não desequilíbrios ecológicos. Através da história o homem tem sido o grande modificador do ambiente

(M. Bates, 1969) e com o desenvolvimento de suas cidades, o lançamento de esgotos e resíduos industriais, o uso - frequentemente excessivo - de fertilizantes minerais e o aumento do fenômeno da erosão em consequência do desmatamento, observa-se uma tendência crescente à chamada eutrofização acelerada das águas de um modo geral, sendo, portanto, uma consequência da civilização.

"A fertilização das águas é processo semelhante ao que o agricultor emprega para obter aumento de produção no solo: verificados quais os elementos que existem em quantidades inferiores às que são exigidas pelas plantas para uma produção máxima, o agricultor adiciona esses elementos ao solo (geralmente Nitrogênio, Fósforo e Potássio). Da mesma forma, para aumentar-se a produção de vegetais aquáticos, adiciona-se à água de uma lagoa, os nutrientes que constituem fatores limitantes. Assim procede, por exemplo, o criador de carpas para fins comerciais: "aduba" a água com fertilizantes agrícolas, obtendo uma grande produção de algas microscópicas que constituem a base das cadeias tróficas que levam até aos peixes. Tal como ocorre com os sistemas terrestres é preciso que haja consumo contínuo de um "produto final" das cadeias tróficas, para que não haja desequilíbrio ecológico nos ecossistemas aquáticos. No caso da atividade agrícola, esse produto é a própria planta ou os seus frutos; na atividade pecuária é o gado; nos ecossistemas aquáticos seriam as próprias algas ou os peixes, ou algum produto intermediário como crustáceos ou moluscos" (S.M. Branco, 1976, 1980).

"Acontece que nas águas não há "semeadura" de algas e as que se desenvolvem nos lagos e represas não são necessariamente aquelas que são o primeiro elo de uma cadeia

alimentar. Assim desenvolvem-se nos ecossistemas aquáticos fertilizados, aquelas algas que mais facilmente se desenvolvem naquele ambiente. Elas não são a "pastagem" de crustáceos ou peixes; são mesmo verdadeiras "ervas daninhas" que passam a superpovoar o ambiente, saturando-o. Forma-se uma grande massa de algas microscópicas que dão origem a uma camada opaca junto à superfície da água, dificultando a penetração da luz. Isso impossibilita a fotossíntese nas zonas inferiores, reduzindo a produção de oxigênio. Por outro lado, o oxigênio que é produzido, em larga escala, na camada superficial, escapa quase todo para o ar. Conseqüentemente, apesar da grande produção de oxigênio, o ambiente aquático se torna pobre nesse elemento, o que dificulta a respiração de peixes e das próprias algas, especialmente durante a noite, quando as condições podem tornar-se anaeróbias" (S. M. Branco, 1976, 1980).

2.2.1- Fator Limitante

A idéia de que um organismo não é mais forte que o elo mais fraco da sua cadeia ecológica de requisitos, foi expressa pela primeira vez, claramente por Justus Liebig (1840), pioneiro nos estudos sobre o efeito de vários fatores no crescimento da planta (E. Odum, 1959; E. Malavolta, 1959; B. Dussart, 1969; E. Ramade, 1974; F.A. Benn e C.A. McAuliffe, 1981).

Sua afirmativa, que se tornou conhecida como Lei do Mínimo ou Lei de Liebig pode ser enunciada: "A abundância de um organismo em um meio é proporcional à concentração do elemento fertilizante assimilável que se encontra em quantidade mínima, relativamente a esses organismos" (P. Vivier, 1946 apud S.M. Branco, 1969, 1970, 1978).

Novos conhecimentos a respeito das várias interações dos elementos do meio, fez com que alguns autores ampliassem o conceito de Liebig que, enunciado como o foi, fazia crer que os vários fatores ambientais agem interdependentemente, de tal maneira que, se um se encontrar na quantidade limite, nenhum efeito poderá resultar da variação de outros fatores (S.M. Branco, 1969, 1970, 1978).

W.P. Taylor em 1934 (apud E. Odum, 1959) e outros autores também modificaram a idéia de J. Liebig incluindo outros fatores como temperatura, e ainda o elemento tempo; mas E. Odum julga melhor restringir o conceito do mínimo a elementos químicos necessários ao crescimento fisiológico e à reprodução, como expressa originalmente, e incluir os outros fatores e o efeito limitante do máximo na "lei da tolerância". Os dois conceitos podem então estar unidos num princípio geral de fatores limitantes. Assim, a Lei do Mínimo é apenas um aspecto do conceito de Fator Limitante o qual é, por sua vez, somente um aspecto do controle dos organismos pelo meio ambiente.

O simples controle do fator em mínimo não é absoluto, uma vez que ele apenas reduz, sem eliminar completamente, a influência dos demais fatores, motivo pelo qual "a compreensão das condições para a produção biológica depende não só do reconhecimento de cada um dos fatores operantes e das medidas de suas quantidades ou intensidades mas, também, do conhecimento da maneira como eles se comportam, em presença uns dos outros, fato esse que vem complicar ainda mais o problema" (P.S. Welch, 1952).

O fator limitante não é um elemento ou fator nocivo ao organismo em questão, mas, ao contrário é aquele que o limita por escassez em relação aos outros que estão pre-

sentes. Mas essa escassez não causa a morte de uma população: apenas limita um potencial de crescimento (S.M. Branco, 1966, 1980).

O fator limitante é sempre relativo, constituindo-se um fator limitante para uma certa espécie em dado momento, pode não ser limitante para outra espécie menos exigente com relação ao elemento em questão. Em cada caso, portanto, o fator limitante é um só, em dado tempo (S.M. Branco, 1966).

2.3- A Água

2.3.1- A água na história da humanidade

A vida - tal como a concebemos - não existiria sem água. O homem pode viver sem roupas, sem abrigo e, por algum tempo, pode privar-se de alimentos; mas sem água, sucumbe em horas. Somente faltando-lhe o ar a morte poderá sobrevir mais depressa. Embora a água não tenha valor energético, ela é um alimento que contribue fundamentalmente para a edificação dos organismos, fazendo parte da composição celular de maneira preponderante, constituindo cerca de 2/3 do peso corporal do homem (Abel Wolman, 1959; S.M. Branco, 1969, 1970, 1978; Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1974).

Já disse alguém que através da história da humanidade "depois da paixão do amor, os direitos sobre a água causaram mais distúrbios que qualquer outro motivo de interesse da espécie humana" (apud A. Wolman, 1959).

Há cerca de cinco bilhões de anos nosso planeta não era mais que massa gasosa que se condensou a altíssimas temperaturas e, em seguida, atravessou uma fase de resfriamento lento e solidificação superficial que deu início à com

pleta solidificação das rochas. Enormes massas de água caíram dos Céus para a Terra, durante milhões de anos, sem interrupção, formando-se as grandes massas líquidas que foram o berço da vida primitiva (G. Gamov 1956; S.M. Branco e C. B. Murgel, 1958; P.M. Hurley, 1963).

Quando o bioquímico russo A. Oparin (1920) reproduziu em laboratório as condições físico-químicas do ambiente primitivo, apareceu a "pista" para que fosse re-escrita a história dos primeiros seres vivos que teriam surgido nas massas de água dos oceanos primitivos, há um bilhão de anos, sob a forma de gotículas originadas a partir de compostos carbônicos complexos, por sua vez derivados de combinações químicas de substâncias mais simples. Os coacervados surgiram na água (G. Gamov 1956; S.M. Branco e C.B. Murgel 1958; A. Oparin 1978). A origem aquática da vida está impressa em todos os processos essenciais dos vegetais, dos animais e do próprio homem (P. Rondiêre, 1971).

O problema da origem da vida preocupou o homem da caverna e faz questionar o astronauta; é um dos mais apaixonantes temas das Ciências Naturais, da Filosofia e das Religiões mais diversas.

O judaísmo (assentado no Velho Testamento) e as religiões cristãs (fundamentadas na Bíblia: Velho e Novo Testamentos) aceitam - como tradição de fé - uma criação sequencial, por Deus, dos Céus, da Terra e das Águas. Elas teriam sido separadas e reunidas para formar os mares onde, num outro dia, o Senhor ordenou que houvesse vida em abundância (Livro de Gênesis, capítulo 1: versículos 1, 2, 6-7, 9, 20-22). A história da criação bíblica não é bastante semelhante às teorias das Ciências da origem da Terra?

Por documentos conservados até nossos dias sabe-

mos que, desde a mais remota antigüidade, as populações conheciam as leis primordiais da Saúde Pública, leis essas apresentadas como preceitos religiosos cujas práticas de culto, freqüentemente tinham por objetivo, impor e regulamentar leis de preservação quer da própria saúde, quer dos "instrumentos" que - como a água - a ela estão correlacionados.

Mas, em povo algum do oriente antigo se encontra como nos Hebreus, um sentimento tão justo e tão profundo e uma tão completa aplicação das regras de higiene e de saneamento (A. Mendiola, 1944; Água subterrânea e poços tubulares, 1974).

É muito difícil precisar datas da história dos Hebreus narrada pela Bíblia. Por volta do ano 1850 A.C. (quando Hamurabi reinava na Caldéia) Abraão emigrou para a Palestina; e a passagem do Mar Vermelho por Moisés se deu em torno de 1250 anos A.C. (quando Ramsés II era rei do Egito); mas é impossível fixar-se datas para os acontecimentos anteriores. Datam de dois, três ou quatro mil anos Antes de Cristo certas citações bíblicas sobre as águas? ou elas são ainda mais antigas?

A água, diz a Bíblia, é necessária à vegetação (Gênesis 2:5, 6, 10; Jô 14:9); é particularmente necessária em abundância para algumas plantas (Jô 8:11; Isaías 1:30). É dessedentadora e refrigerante (Jô 22:7; Provêrbios 25:25; Apocalipse 7:17; 22:17); é purificadora (Efêzios 5:26; Ezequiel 14:22; 36:25; I Epístola aos Coríntios 10:2; Êxodo 19:10; 29:4; Números 8: 6, 7; 19:7-12, 21; II Crônicas 4:6; Levítico 14:8-9; 15:2-13; 16:4-24; 17:15; 21:4-7; Epístola aos Hebreus 10:22; Salmos 26:6; Atos dos Apóstolos 21:24, 26). Utilizada para higiene e lavagens diversas (Levítico 6:27; 13:54; 14:8; 15:11; 16:28; Números 16:28; 31:24; II Crônicas:

4:6; Gênesis 18:4; 19:2; 24:32; 43:24; I Samuel 21:41; II Samuel 11:8; São João 13:5; I Timóteo 5:10; Deuteronômio 21:6,7; Reis 3:11; Salmos 26:6; 73:13; São Matheus 15:2; 27:24; Marcos 7:3).

É bastante interessante que a Bíblia registre a preocupação com aspectos da água ligados a armazenamento, transporte, escassês ou qualidade - tal como hoje, os problemas já pareciam preocupar aquele povo.

A água era guardada em talhas e potes (São João 2:6); artificialmente canalizada para suprir as grandes cidades (II Reis 20:20); transportada em cântaros (Gênesis 21:14; I Samuel 26:11; São Marcos 14:13); sua falta era considerada calamidade (Exodo 17:1-3, Números 20:2; II Reis 3:2,10; Isaías 3:1); freqüentemente era imprópria para uso (Exodo 15:23; Reis 2:19); quando escassa era vendida a grandes preços (Lamentações de Jeremias 5:4) e já havia profissionais transportadores de água (I Samuel 9:11).

Não é incrível que os problemas de então sejam muito semelhantes aos de hoje? Que a Maria do Morro transporte lata d'água na cabeça, como Rebeca carregava água no cântaro? que ainda se enfrente a calamidade de sua falta? que haja muitos mananciais e cursos de água impróprios para uso? A história, parece, não serve de exemplo para muita gente...

Nem sempre, porém, o Livro Sagrado cita a água para usos práticos, públicos e sanitários. Boa parte da história da água nos livros da Bíblia está ligada às devoções, a milagres ou ilustra parábolas (Exodo 7:15-20; 14:21, 22; Jeremias 2:15; 5:22; São João 2:7-9; 4:7-22; 5-4; 7:38; 9:7; João 7:17; 17:1, 15; Ezequiel 7:15; 36:25; 47:1; Josué 3:16; Oséas 5:10; I Reis 18:38; II Reis 5:14; 6:5, 6; Gênesis 9:8-15; 49:4; II São Pedro 3:7; Números 20:11; 24:7; Zacarias

14:8; Provērbios: 8:29; 17:14; 18:4; 20:5; II Samuel 14:4; 22:17; Isaías 8:6, 7; 11:9; 17:3; 30:20; 43:2; 44:3; Salmos 22:2; 23:2; 33:7; 42:7; 58:7; 66:12; 69:1; 88:7-17; 124:4-5; São Matheus 14:26-29).

São muito conhecidas as Dez Pragas que o povo egípcio teve que enfrentar, por ordem de Deus, através de Moisés. A primeira delas conta como o rio Nilo teve suas águas transformadas em sangue pelo bordão de Moisés (Exodo 7:17-21). Não teria o Nilo uma floração de algas (provavelmente cianofíceas), algas que coloriram as águas e as tornaram impróprias ao uso? não constituirá esta passagem bíblica o primeiro relato de um processo de eutrofização?

Como citação bíblica das águas resta, finalmente, a catastrófica história do Dilúvio. Noé e sua arca durante quarenta dias e quarenta noites ao sabor das águas não é - absolutamente, a única ingênua lenda de uma imensa inundação! Os gregos contam a história do Dilúvio do Deucalião; na Austrália, na Índia, na Polinésia, no Tibete, na Cachemira, na Lituana, nas Américas (anteriormente a Colombo) há uma série de histórias similares de chuvas arrasadoras. Mitos? Sagas? Lendas? ou serão narrativas de uma mesma catástrofe universal que teria ocorrido durante uma alternância de calor e período glacial, quando já existia seres pensantes que, sobreviventes, teriam transmitido o acontecido às gerações futuras?

Na Bíblia encontram-se referências ao Dilúvio (Gênesis 7:4, 11, 12, 17-20, 23; 8:3-5, 13, 21, 22; 9:9-11; 12:17; Isaías 54:9; II Pedro 3:5, 6; São Matheus 24:38, 39). Assim, o Livro Sagrado mostra a luta do homem pelas águas... e contra elas...

Quando foram encontradas as ruínas do Templo de Sa

lomão, foi possível reconstruir-se suas posições gerais, graças ao descobrimento de todo seu sistema de condutos subterrâneos, os quais, escavados em rocha dura, escaparam à destruição (A. Mendiola, 1944; M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951). O rei Salomão, famoso por suas decisões como magistrado, concentrou sua sabedoria também na construção de aquedutos (Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1972).

Quatro grandes bacias aquáticas serviram de nascedouro à civilização: os vales quentes do rio Amarelo (Huang-ho) na China; a bacia do rio Indo (Shindu) no Paquistão; os vales do Tigre (Layla) e do Eufrates (Al Farāt) na Mesopotâmia; e a bacia do Nilo (Al Nil) no Egito. Nosso dia-a-dia está marcado por essa origem: fundamentados nas cheias do Nilo os egípcios criaram o calendário de 365 dias (W.C. Dampier, 1961; P. Rondiêre, 1971).

No Rio Amarelo os chineses fizeram um quadrilátero de canais de irrigação e navegação (P. Rondiêre, 1971). Os povos do extremo oriente, desde tempos remotos, procuravam a água necessária às suas atividades, por meios artificiais. Acredita-se que os chineses, há muito, eram hábeis em escavar poços de grande profundidade e é provável que hajam conhecido os poços hoje ditos artesianos (A. Mendiola, 1944, M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951; J.M. Azevedo Neto, 1956, Água subterrânea e poços tubulares, 1972; P. Rondiêre, 1971).

Quando os ingleses se estabeleceram na Índia encontraram, por toda parte, poços e reservatórios de água, milhares e milhares deles, alguns colossais. Pela quantidade, pelo tamanho e construção, é provável que os indus os edificassem desde a antigüidade mais remota. Na península Índia e na Ilha do Ceilão encontram-se diques de terra represando vales, diques esses muito maiores que as grandes obras do gê

nero (A. Mendiola, 1944; M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951; A. Wolman, 1959).

Na Índia, na época dos Vedas, já era conhecida a influência da água sobre a saúde e atribuíram propriedades curativas às águas em geral e, em particular, às do Ganges, rio sagrado do Indostão (A. Mendiola, 1944).

Na Mesopotâmia, 3000 A.C. surgem grandes cidades junto à rede de canais do Tigre e do Eufrates. Em meio às ruínas de Nínive, descobriu-se o poço de Assur que remonta a tempos pré-históricos. A rainha Nictolis mandou construir um grande lago artificial que tinha capacidade de receber, durante vinte e dois dias, toda a água do Eufrates (A. Mendiola, 1944).

Para regar os Jardins Suspensos da Babilônia (uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo) as águas do Eufrates eram elevadas por uma só bomba, a 92 metros de altura e distribuída, por gravidade, através de canalização metálica. Semiramis tinha justificado orgulho em declarar: "obriguei os cursos de água a correr segundo minha vontade, e minha vontade os dirigiu para onde possam ser úteis; através deles tornei férteis as terras secas" (A. Mendiola, 1944; S.M. Branco, 1969, 1972, 1978; J.M. Azevedo Neto, 1976; M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951).

Nínive e Babilônia estavam providas de uma verdadeira rede de esgotos. O emprego de água para afastar matéria fecal parece ter tido sua origem na Antiga Ásia. Por sua vez os Persas, preocupados com o problema de contaminação (que devem ter intuído), proibiram, por leis, lançar excrementos humanos no rio (A. Mendiola, 1944; Água subterrânea e poços tubulares, 1972).

No Zenda Vesta, livro Sagrado dos persas (cerca de

2000 anos A.C.), Zoroastro prescreve abluções diárias (Água subterrânea e poços tubulares, 1972).

Por volta do ano 2000 A.C. o indu viu nascer uma vida coletiva que rapidamente se desenvolveu em tamanho e em tecnologia. Eles desconheciam as armas, mas construíram grandes e espaçosas residências de dois andares, com banheiros confortáveis, com esgotos que levavam as águas residuárias das residências para um esgoto central, que desembocava em sumidouros ou fossas (P. Rondiêre, 1971).

No quinto e quarto milênio A.C., os sumérios semeavam e plantavam, mas criam que a força que multiplicava as colheitas, proviesse da água! Isto porque acreditavam que também seu deus se originasse da água. "Sobre todos os deuses reina Enki, o Absoluto, o Imprescrutável, de quem tudo emana. De Enki (a água primordial) resultam dois deuses secundários: Apsou (águas doces) e Tiamat (águas salgadas) (I. Cheret e G. Clark, apud P. Rondiêre, 1971).

Por volta de 3000 anos, povos pré incaicas também marcaram sua presença nesse processo histórico de busca de água. As maravilhosas ruínas de Machu Pichu, Ollantaytambo e Sacsahuarmán mostram que os incas abasteciam de água suas cidades e fortalezas e, através de condutos perfurados em meio a pedras colossais que formaram seus muros, as águas residuárias eram levadas para longe da cidade (A. Mendiola, 1944; A. Wolman, 1959).

A civilização pré incaica tinha muito bons conhecimentos de agricultura e de irrigação. Na costa peruana, onde jamais chove, esse povo primitivo conseguiu viver, trazendo água da cordilheira!. Em Pachacamac há dois templos que parecem ser anteriores aos incas: o templo do Sol e o templo da Lua. Este último deve ter sido uma casa de Vestais:

possue um grande pátio interno, com piscina construída em pe
dra (o que não é comum na região; local onde não chove, o
adobe é o material de construção), ainda são vistas canali-
zações dessa piscina:****

Nos hieroglifos egípcios do terceiro milênio A.C.
lê-se: "A água é a força primordial da vida". Toda a prospe
ridade do Egito antigo repousava inteiramente num regime hi
dráulico artificial, verdadeiramente admirável, que tinha
por objeto as cheias do Nilo e a irrigação desse rico vale.
Sem dúvida foram os egípcios antigos que imaginaram os re-
servatórios artificiais destinados a armazenar consideráveis
massas de água durante os tempos úmidos para serem conve-
nientemente utilizados nas épocas de seca, construindo obras
gigantescas desse gênero. O lago Moeris, o mais conhecido
desses reservatórios, parece haver ocupado toda a superfície
da atual província de Fayoum. Eram hábeis em construir sis-
temas de irrigação. Construíram poços próximos à pirâmide de
Gizeh. Parece certo que, no tempo dos faraões, o egípcio já
conhecesse o uso de tubos de barro cozido e de tubulações de
chumbo. A "Cabeça de Leão", freqüentemente empregada como de
coração dos orifícios de saída de água, é de origem egípcia
(A. Mendiola, 1944; M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951; S.
M. Branco, 1962, 1969, 1978; P. Rondiêre, 1971).

Cerca de 2100 anos A.C., próximo ao fim da décima
primeira dinastia, um chefe das forças egípcias, Mentuhotep
relata a abertura de catorze poços, por um exército de 3000
homens (P. Rondiêre, 1971; Água subterrânea e poços tubula-
res, 1972).

**** Comunicação pessoal com o Professor Doutor Samuel Murgel
Branco.

A higiene, o estudo das leis e a observação das regras de salubridade eram muito respeitadas pelos antigos egípcios. É deles, sem dúvida, que Moisés retirou muitas de suas prescrições sanitárias (A. Mendiola, 1944; P. Rondiêre, 1971).

Nas ruínas egípcias de Tell el Amarna, procedente da XVIII dinastia (século XIV A.C.) já havia banheiros em residências (R.A. Leal, 1957).

Na Ásia Menor e no Egito utilizava-se muita água nas habitações e nos jardins e usavam armazenar a água em potes de barro, por vários meses, antes de bebê-la. No ano 1450 A.C. os egípcios usaram a decantação como método de tratamento de água. Antigas civilizações orientais, da China e do Japão, usavam a filtração, por capilaridade, da água potável (S.M. Branco, 1972).

É provável que os gregos tenham aprendido com habitantes da Ásia Menor ou com os egípcios, a usar água em abundância. Fontes de ornamentação, cascatas artificiais, jorros de água destinados a refrescar a atmosfera, eram luxos apreciados por gregos e orientais. Sabiam os gregos distribuir água por condutos de madeira, de barro cozido e de chumbo; usavam vasos sanitários e vasos noturnos. O banho diário, que a princípio era luxo de ricos, logo se tornou necessidade popular (A. Mendiola, 1944).

As escavações de Tróia revelaram um engenhoso serviço de abastecimento de água e despejo de águas residuárias. No palácio Cnosso, em Creta, do segundo milênio A.C. existe magnífica instalação para banhos com água canalizada. Anexo aos ginásios de esporte havia estabelecimentos de banhos (R. A. Leal, 1957).

Os filósofos pré-socráticos (VI e V séculos A.C.)

Thales, Xenófanes e Heráclito, imaginavam que todas as substâncias fossem formadas de um só elemento, sem que conseguissem se por de acordo sobre a natureza de tal elemento fundamental. Thales acreditava que fosse a água que, por evaporação e condensação produzisse todas as substâncias (M.E. Weeks 1949; A. Vergez e D. Huisman, 1982). Por sua vez Empédocles, 400 anos A.C., concebe a teoria dos quatro elementos; terra, ar, água e fogo, formadores de todas as coisas. Essa teoria se manteve por séculos (M.E. Weeks, 1949; G.D. Parkes e D. Phill, 1951; A. Vergez e D. Huisman, 1982).

No 4º Livro da República, um dos mais célebres dos filósofos gregos - Aristóteles, conta a lenda do Anel de Gíges. A história tem início quando, após um violento temporal a terra se abre em um abismo onde tem início as aventuras de Lídio, o pastor. É a água sempre presente, sob todos os aspectos e em todas as situações.

Por volta do ano 360 A.C., Platão e Aristóteles aconselharam a usar água em abundância, água potável de boa qualidade, como condição essencial para a manutenção da saúde pública em qualquer aglomerado humano.

A mitologia atribui a Heródoto a invenção de banhos quentes. Entre os Doze Trabalhos de Hércules a água está presente: um deles é lavar as cavalarias de Augias.

Diz a lenda que Empédocles (504 - 443 A.C.) libertou Selimunte e Agrigento de epidemias fazendo jorrar dois rios sobre um pântano. Hipócrates em seu livro "Do Ar, da Água e dos Lugares" se refere às febres como provenientes das águas pantanosas; aconselha cuidados na ingestão de águas, recomendando filtrá-las ou fervê-las para serem bebidas; recomendava cuidado com as águas de cisterna e aconselhava as de manancial. Ao grego antigo os mananciais eram sagrados;

eles não lhe conheciam a origem que acreditavam sobrenatural (A. Mendiola, 1944; R.A. Leal, 1957).

A cultura romana foi, em grande parte, fruto da civilização helênica. A antiga Roma teve marcada e benéfica influência grega em quase todos os ramos da atividade humana. Até mesmo a língua grega era falada em Roma - como requinte de elegância - sendo familiar a todas as pessoas educadas. Aos romanos cabe, porém, o grande mérito de terem dado impulso aos conhecimentos oriundos da Grécia, principalmente no que se refere à medicina e à higiene.

O uso público e particular de águas, em profusão e até com desperdício era, em Roma, uma verdadeira necessidade, a tal ponto que, o melhor modo de ganhar o apoio popular era destinar grandes somas para captação e distribuição de novas águas. Para conseguí-las em quantidade e qualidade, os romanos tiveram que aprimorar sua tecnologia. Assim, criaram grandiosas obras de hidráulica e organizaram notáveis serviços sanitários, os quais fizeram de Roma antiga a cidade clássica das diferentes aplicações das águas (A. Mendiola, 1944; R.A. Leal, 1957).

No ano 514 A.C. o imperador Tarquínio - o Velho, mandou construir a Cloaca Maxima, canal abobadado feito em pedra com 5 metros de altura, 4,30 metros de diâmetro e que ia do Forum Romano ao rio Tibre descarregando, por gravidade, as águas pluviais e residuárias de parte da cidade de Roma. Essa cloaca no início foi mais uma obra de drenagem que um esgoto. Somente depois da construção de aquedutos lhe foi dada a função de drenar os esgotos da cidade. Após 2.500 anos ainda é parcialmente usado! (A. Mendiola, 1944; R.A. Leal, 1957; J.M. Azevedo Neto, 1959).

Ao lado das cozinhas das casas romanas havia la-

trinas (sterquilinum) mas parece que seus efluentes eram lançados às ruas, de onde eram conduzidos aos canais da cloaca. Águas residuárias, excretas e lixo eram recolhidos em vasos ou potes e, ao amanhecer, eram atirados às ruas, precedidos de gritos de "cuidado" para prevenir os transeuntes. Esses resíduos eram conduzidos à periferia da cidade por carros apropriados, dos quais se encontra referência na Tabua Heracliensis. Mas os palácios dos imperadores e os edifícios públicos tinham seus resíduos atirados diretamente à cloaca. Na época dos Césares a cloaca recebe todos os despejos (A. Mendiola, 1944; R.A. Leal, 1957).

A Comissão dos "Curatores Alvei et riparum Tiberis et Cloacarum Urbis" ano 32 A.C. desenvolveu notável atividade no setor dos esgotos de Roma (J.M. Azevedo Neto, 1959).

Em um só ano, 21 A.C., Agripa mandou construir 130 reservatórios de água e 105 fontes. Na época do imperador Augusto (27 A.C. a 14 D.C.) eram distribuídos em Roma 2.700 litros por habitante por dia! o que hoje nos parece um absurdo desperdício já que, em nossos dias, a demanda de água fica em torno de 300 ℓ /dia/habitante. Havia, na ocasião 1.350 pontos de água e 591 fontes de ornamentação. Vitruvio, arquiteto e engenheiro militar de Augusto, garantiu não haver problemas com pântanos nas cidades, se elas estivessem próximas do mar "pois por meio de encanamentos, as águas podem ser levadas ao mar; e quando este, violentamente agitado pe las tormentas, se enfurece e sobe até os esgotos, mistura-se com as águas dos pântanos e evita a reprodução de insetos nos ditos pântanos" (A. Mendiola, 1941; R.A. Leal, 1957).

Ao tempo de Cristo, Roma era a maior metrópole do mundo, com 1.350.000 habitantes e seu crescimento e evolução se devem ao fato dela possuir os melhores recursos de água.

Figura interessante que se destaca na época das grandes realizações de Roma é a do militar, engenheiro e escritor Sextus Julius Frontinus (40 - 103). Após excelente governo na Inglaterra (ano 75), tendo vencido a resistência das famosas tribos Silures, ele foi premiado com o importante cargo de Curatur Aquarum, tendo escrito importante obra sobre os aquedutos romanos e contra os sangradores de adutoras. No ano 79, no governo de Vespasiano, estabelece-se em Roma as latrinas públicas. Sextus Julius Frontinus (ano 97) escreve "De Aquaeductis urbis Romae" e estabelece medidas contra o desperdício de água, visando a limpeza das ruas e dos esgotos. Nesta ocasião Roma possuía nove adutoras com a extensão total de 420 km e capazes de aduzir 320.000.000 de litros diários (J.M. de Azevedo Neto, 1959; 1971).

Com Trajano (98 - 118) Roma possuía 9 aquedutos com 443 km de comprimento, 49.500 m de arcadas, 32 m de altura, 2.400 m de subterrâneos, fornecendo 947.200 metros cúbicos de água por dia, dos quais 2/3 eram de uso público e 1/3 para banhos e uso particular.

No Templo de Diocleciano (284 - 305) havia 234 latrinas públicas; com Constantino (324 - 337) eram 150, pois ao tempo do Império havia grande preocupação com o afastamento de excretas e de águas residuárias (A. Mendiola, 1944; R.A. Leal, 1957).

A cultura creto-micênica desde o ano 2.000 A.C. conheceu os aquedutos; também nas ruínas de Priene (Ásia Menor) foram encontrados aquedutos. Os romanos não foram, portanto, os seus criadores mas, em tempo algum da antigüidade a hidráulica e, pode-se dizer, a Engenharia Sanitária, teve o seu desenvolvimento observado como em Roma.

Os aquedutos de Roma - símbolos de uma época e de

uma civilização - em número de onze, começaram a ser construídos em 312 A.C. Aqua Apia, o primeiro aqueduto de Roma antiga, foi edificado por ordem de Appius Claudius, com 17 km de extensão e 62 m acima do nível do mar. No apogeu do Império Romano havia 442 km de aquedutos, com capacidade de 1.600.000 metros cúbicos de água em 24 horas. Nessa época, o romano podia dispor de 1.000 litros de água por dia!

Nos séculos V e VI os aquedutos foram danificados por Vitigies, rei dos Godos, que ao assediar Roma, cortou-os para obrigar a cidade a render-se pela sede... É o uso da água como arma de guerra! Reconstruídos pelos Papas Nicolau V, Sixto IV, Júlio II, Paulo III, Paulo V, Sixto X, Pio IX, eles foram quase totalmente destruídos nos bombardeios de 1943...

Como vimos, fartura de água era importante para o romano, mas além da quantidade, importava-lhe também a qualidade, e já no ano 375, Palladius descreve, em um tratado, as características da água sã, preocupando-se com sua origem, características organolépticas e com a saúde pública.

Em Roma, os banhos públicos ou privados constituíam culto. As termas públicas eram grandiosas; a primeira data do ano 21 A.C. e, durante muitos anos, foram construídas com requinte de conforto e arte. Muitas possuíam salas de reuniões, restaurantes, salões de ginástica e até bibliotecas. Inicialmente as termas eram local de passatempo requintado, mas se transformaram em lugar de prazer e deboche promíscuo. A reação moralizadora foi violenta e as termas foram fechadas (R.A. Leal, 1957).

Surgem as hordas invasoras. Roma cai sob domínio bárbaro no século X e a higiene e a saúde pública são, a pouco e pouco, negligenciadas; depois, abandonadas. As ter-

mas e os aquedutos não são mais que ruínas.

Nessa época de obscurantismo a Igreja católica é a frágil guardiã das Ciências, da Literatura e das Artes, mas abandona - totalmente - as tradições sanitárias tão cuidadas pelas antigas Grécia e Roma.

As perdas do século X serão reconquistadas muito lentamente. Os centros habitados crescem; não há água nas redondezas. É preciso buscá-la mais longe, em mananciais. Agora a água é transportada por pequenas valas descobertas, sobre condutos de madeira; depois são construídos alguns sistemas elevatórios compostos de bombas grosseiras, postas em movimento por motores hidráulicos (A. Mendiola, 1944).

Na Idade Média os resíduos domésticos e os de labor manufatureiro eram, quase todos, diretamente lançados à superfície dos solos, onde se acumulavam por certo tempo, até que as chuvas os arrastasse para os leitos dos rios. Os fossos dos castelos feudais recebiam toda espécie de imundíces, adquirindo características de verdadeiras cloacas. Detritos de toda sorte, amontoados nas ruas e nas imediações das cidades, criaram sérios problemas de Saúde Pública, entre os quais, o mais grave foi a epidemia da peste bubônica que, só na Europa matou 25 milhões de pessoas (S.M. Branco, 1969, 1972, 1978). As latrinas, que no mundo antigo já eram muito usadas, são substituídas por fossos construídos junto às paredes externas dos edifícios (J.M. Azevedo Neto, 1959).

2.3.2- A água nos tempos modernos

Nos séculos XI e XII começa a surgir uma tendência ao progresso, que muito lentamente se acentua. Em toda a Europa os costumes se alteram com o Renascimento e a Higiene

e a Saúde Pública têm marcado desenvolvimento. A água se faz cada dia mais necessária e... menos abundante. É preciso buscá-la mais longe e tentar encontrá-la com boa qualidade.

Por essa época e até o século XVIII "a busca de água pura era intensa mas o resultado é pequeno" (M.N. Baker apud A. Wolman, 1959).

A França em 1396 cria, em Paris, um muito bom serviço de limpeza, provido de carroças para fazer o transporte de todos os dejetos e lixo, para monturos (voiries) e em 1412 aprimora o sistema, construindo canais de despejo (menilmontant); em 1451 é criada, em Dijon, uma Comissão Especial para construção de latrinas e esgotos (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Por essa época Felipe Augusto manda construir, em Paris, a primeira calçada pavimentada sob a qual os Monjes de São Lourenço fazem desviar as águas do açude de São Gervásio, através de um aqueduto subterrâneo, para poder alimentar as fontes públicas e residências (A. Mendiolla, 1944).

No reinado de Henrique VIII, em 1531, a Inglaterra põe em vigor a primeira lei sobre galerias de águas pluviais. Dois anos depois Francisco I estabelece, na França, a obrigatoriedade de execução de fossas fixas domiciliares, permeáveis. Em 1559 a Alemanha constroe galerias de esgotos em Bunzlau (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Nessa época, os serviços de distribuição de água têm, na Inglaterra, notável desenvolvimento: as tubulações alimentam os primeiros quartéis da capital; em 1582 Pierrot Maurice instala sob o Arco da Ponte de Londres, uma máquina elevatória movida por uma roda e cria a primeira distribuição de água a domicílio através de tubulações de chumbo. A Alemanha imita esse sistema em Hamburg e Nuremberg (A. Mendiola, 1944).

Morre na Inglaterra em 1616, vítima de febre tifóide, um dos maiores escritores ingleses William Shakespeare. As tubulações inglesas, modernas e eficientes, garantem a quantidade, mas não a qualidade das suas águas... Também são vítimas de moléstias de veiculação hídrica as duas filhas de Blaise Pascal! e vários monarcas: Luiz VIII, Carlos X, Eduardo VII, George V (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em fins do século XVI Shogun Yyeyasu Tokugawa faz retirar água do lago Inokashira, nos subúrbios da antiga Yedo, (hoje Tokio), para abastecimento da cidade, conduzindo as águas através de canais e aquedutos de madeira e pedra. No século XVII o Japão possui 30 sistemas de abastecimento de água.

No século XVI a França empreende a construção de obras consideráveis. Henrique IV manda construir as bombas da Samaritana movidas por uma roda pendente e destinadas a alimentar o Louvre e o Jardim das Tulherias. Maria de Médices, mãe de Luiz XIV constroe - sob as ruínas das termas de Júlio - o Aqueduto de Arcueil; Luiz XIV desejando água em profusão sobre a planície árida onde se construiu Versalhes, faz dispendar enormes somas para a construção da Máquina de Marly, na qual 227 bombas, através de sucessivas elevações levam a água a 162 metros de altura. Para conduzir essa água são inventados e utilizados os tubos de ferro fundido (A. Mendiola, 1944; J.M. de Azevedo Netto, 1959). No século XVII são perfurados os primeiros poços jorrantes, no condado de Artois, de onde o nome de poços artesianos (A. Mendiola, 1944; Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1974).

Jonathã Swift em 1726 publica As Viagens de Gulliver onde, pela primeira vez - e em um livro de literatura e não em obra científica ou em compêndio didático! - é feita

referência ao aproveitamento de esgotos...

Em 1746 são introduzidos os tubos de ferro fundido na Inglaterra; Chesy em 1745 estabelece sua fórmula para escoamento em condutos; Joseph Bramah em 1778 patenteia a bacia sanitária (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

O químico sueco Scheele descobre o cloro em 1774. Acreditam Scheele, Lavoisier e Bertholet - tratar-se de um ácido muriático oxigenado (J. Capocchi, 1962) e por certo não acreditariam em previsões sobre o poder desinfetante do elemento recém descoberto.

A purificação da água está surgindo: James Peacock inventa e patenteia um excelente filtro (A. Wolman, 1959). Em Javelle, vilarejo perto de Paris, fazendo reagir cloro sobre solução de hidróxido de potássio, em 1792 Percy prepara, pela primeira vez, a Água de Javelle, que se tornaria reputado alvejante, desodorisante e desinfetante. Chamou-se, em seguida Água ou Licor de Labarraque à mistura de cloreto e hipoclorito de sódio. Em 1799 Charles Tenant instala em Glasgow, Escócia, uma "indústria de cloreto de cal"; em 1800 Morveau na França e Cruiskand na Inglaterra, pela primeira vez experimentam o cloro como "desinfetante". O hipoclorito de cálcio (o chamado cloreto de cal) passa a ser conhecido, além de alvejante, como desinfetante; especialmente porém, como desodorisante (J. Capocchi, 1962).

O século XVIII assinala grande progresso na construção de máquinas elevatórias: as bombas mais ou menos grosseiras dos tempos anteriores são substituídas pelas primeiras bombas modernas de duplo efeito (La Lire, 1716), pelas bombas centrífugas (Demours, 1732) e por bombas de Montgolfier (1797) (A. Mendiola, 1944).

A França em 1809 adota as fossas fixas estanques;

a Inglaterra autoriza o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de águas pluviais em Londres (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Em 1810 Sir Humphrey Davy prova que o gás descoberto por Scheele é um elemento, ao qual dá o nome de cloro, por causa da coloração verde (J. Capocchi, 1962).

Em 1822 é feito o primeiro levantamento das condições sanitárias do Tâmisia (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Levi Disbrow em 1823 observa com interesse a perfuração de poços salinos na Virgínia Oeste e conclue que os métodos ali empregados poderiam ser adaptados à perfuração de poços de água e perfura, em 1824, seu primeiro poço em New Jersey, com 53,30 metros de profundidade que jorrou 5,7 litros por minuto, 0,91 metro acima da superfície (Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1974).

Em 1824, através da Companhia Chelsea, a Inglaterra começa a utilizar em Londres, a primeira filtração, em larga escala, em filtros de areia. A partir de então o sistema se espalha e hoje, nas Americas, não se encontra cidade alguma que não tenha sistema filtrante, se tiver abastecimento por águas superficiais (A. Mendiola, 1944).

James Simpson introduz em Londres, em 1829, o filtro lento de areia; incluindo mais tarde o reconhecimento da importância do Schmutzdecke ou camada de sujeira por Piefke de Hamburgo. Thomas Clark na Escócia, usa a cal para "abrandar" a água, embora Cavendish e outros, cinquenta anos antes tenham feito experimentos da ação da cal em águas duras (J. J. Hinman Junior, 1959).

O Dr. José Capocchi em sua tese de Livre Docência, 1965, pitorescamente conta que os antigos romanos condenavam a água dura os quais dispunham de um curioso método de dosagem de dureza (ou melhor de alcalinidade) utilizando "vinho

tinto ácido, cuja matéria corante servia de "indicador". A tinta rosada do vinho "virava" para o verde em soluções alcalinas. Quanto mais gotas de vinho gastavam para tornar a água rosada, tanto pior era essa água"...

Robert Thom entre 1820 e 1830 instala filtros na Escócia (A. Wolman, 1959). Um poço artesiano cuja construção teve início em 1833 e foi concluída em 1841, em Grenelle, perto de Paris, foi por muitos anos o poço mais profundo do mundo com 549 metros. Sua construção é única por ter proporcionado muita experiência na sondagem de poços, na perfuração de rochas e na recuperação de ferramenta quebrada. O sucesso alcançado na França prosseguiu, com as perfurações profundas na Inglaterra e na Alemanha (Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1974).

Antes do conhecimento da possibilidade de veiculação hídrica de germes, o médico escocês - americano Roberto Dunglinson, em 1835, registra em seu livro Human Health, publicado na Filadélfia, o fato de já ter sido proposta "a adição de cloro ou de um dos cloretos (seria o cloreto de cal?) à água", para melhorar sua qualidade; mas não menciona o nome - ou nomes - de proponente (José Capocchi, 1962).

New York construiu, em 1842, sua primeira barragem (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951). Em Viena, Semmelweiss, utilizando-se do cloro como sanificante, vence a febre puerperal, tida como endêmica, em 1845 (José Capocchi, 1962). Entre 1840 e 1850 Angus Smith estabelece novos conceitos sobre filtração (A. Wolman, 1959).

As manilhas de cerâmica começam a ser fabricadas em Manchester em 1846. A Inglaterra torna compulsório o lançamento, nas galerias públicas de Londres, de todas as águas residuárias das habitações e proíbe o uso de fossas negras;

constroee em 1847 um sistema separado de esgotos idealizado por J. Phillips; promulga em 1848 o Great Public Health Act, saneamento com bases científicas e cria a Comissão Metropolitana de Esgotos; em 1850 cria o Conselho de Saúde Pública para elaborar as diretrizes sanitárias (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1849 o dr. Snow emite parecer formal afirmando que a epidemia de cólera, que então grassava em Londres, estaria sendo propalada pela água poluída por dejetos de pessoas afetadas por aquela doença. Race informa no Chlorinated of Water em 1850 que, embora não existissem idéias claras a respeito da destruição de microrganismos, desde a metade do século XIX poços teriam sido tratados por meio de cloreto de cal (bleach). Segundo Race não seria possível determinar-se precisamente a primeira ocasião em que teriam sido empregados cloro-compostos para desinfecção de água (José Capocchi, 1962).

Na administração de Hausman, Belgrand remodela os esgotos de Paris em 1852; W. Lindley, engenheiro inglês, constroee em 1853, moderna rede de esgotos em Hamburgo (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Em 1854 a English Royal Commission institue a desodorização do esgoto de Londres por meio de cloreto de cal (J. Capocchi, 1962).

Em 1855 os Estados Unidos elaboram um projeto de sistema de esgotos para Chicago; ao longo do rio Tâmis são construídos os primeiros interceptores em 1855 (J.M. Azevedo Netto, 1959). A Alemanha em 1856 retira água do rio Spree para abastecer Berlim (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951). Em 1857 é construída em New York, a rede de esgotos de Broon klyn; a Inglaterra cria em 1857 o Conselho de Proteção do rio Tamisa, de 1858 a 1862 a Comissão Real faz as primeiras in-

vestigações sobre a disposição de águas residuárias sobre o solo (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1859 Watt inventa a preparação eletrolítica de hipocloritos alcalinos e alcalino-terrosos (J. Capocchi, 1962). O ano de 1961 marca o início de uma nova preocupação com a água: protegê-la dos microrganismos. Pasteur estabelece a teoria da fermentação; com Koch e outros Pasteur constata que os microrganismos - descobertos por Leewenhoek em 1863 - são causadores de enfermidades. Agora faz-se necessária a elaboração de normas de proteção racional da água (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951; J.M. de Azevedo Netto, 1959; C.A. Reichen, 1966; S.M. Branco, 1969, 1978).

Em 1862 Pasteur refuta a teoria da geração espontânea, abrindo novos horizontes à bacteriologia (J. Capocchi, 1962; S.M. Branco, 1969, 1978).

Novamente a literatura se faz presente. O escritor frances Victor Hugo em *Les Miserables*, em 1862 critica as autoridades francesas por não aproveitarem as riquezas contidas nos esgotos. Cento e vinte anos depois as riquezas dos esgotos - erradamente - enriquecem as águas... e empobrecem os homens!

A Inglaterra em 1866 põe em vigor o Sanitary Act, uma das mais importantes medidas para a implantação dos princípios básicos do saneamento. O francês J. Morrier em 1867 inventa os tubos de concreto armado; são feitas em 1868 em Clichy, as primeiras experiências francesas de irrigação com esgotos, por Mille e Durand - Claye. Em 1869, em Praga, Liemur faz a aplicação experimental do sistema pneumático de esgotos. Em Paris e em outras cidades francesas é permitido, em 1870, o despejo nas ruas de todos os despejos domésticos entre 7 horas da noite e 7 horas da manhã. E. Frankland, ainda

em 1870 estabelece os princípios gerais relativos à disposição das águas residuárias sobre o solo e à filtração intermitente em areia. Em Wales, J. Bailey - Danton faz a primeira aplicação municipal dos filtros intermitentes de areia (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1871 Burdon Sanderson, examinando água ao microscópio verifica que esta contém bactérias (J. Capocchi, 1962). Buenos Aires retira água do Rio da Prata para seu abastecimento. A Alemanha constroe em Viena em 1873, o aqueduto Francisco José de 80 quilômetros de comprimento (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951).

Berlim faz em 1874 sua primeira rede de esgotos e em 1876 tem início a disposição no solo, dos efluentes sanitários de Berlin; neste mesmo ano a Inglaterra promulga lei anti poluição, proibindo o lançamento de esgotos in natura; em 1877 Buenos Aires constroe sua rede de esgotos. Em 1879 dá-se a invenção do sistema separador absoluto, aplicado pela primeira vez no estado de Memphis, nos Estados Unidos, por George Waring e Viena constroe uma rede de esgotos (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

É organizado em 1879 o Serviço Geológico dos Estados Unidos para cartografar o país, estudar suas reservas minerais e sugerir a possibilidade de sua exploração e os geólogos reconhecem a água subterrânea como reserva mineral (Água Subterrânea e Poços Tubulares, 1974). Em 1880 Eberth isola o microrganismo causador da febre tifóide (J.M. de Azevedo Netto, 1959; J. Capocchi, 1962).

É inventado o sistema Shone com ejetores a ar comprimido, para elevação dos esgotos em 1880. Em 1881 é inventada a fossa séptica patenteada por J.L. Mouras na França (J.M. de Azevedo Netto). Em 1882 Buenos Aires retira água do

rio Paraná para sua provisão (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1974). Em 1882 Koch prepara meios sólidos de cultura, facilitando o estudo da ação antisséptica ou desinfetante (J. Capocchi, 1962).

Na Inglaterra, em 1882 Warrington verificou que leitos de pedra, bem ventilados, tinham maior poder de oxidação que o solo. Em Paris é estabelecido em 1883, um serviço de coleta de despejos domésticos, por meio de veículos basculantes especiais (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Hyatts, Jewells e Warren introduzem nos Estados Unidos em 1883, os filtros rápidos de areia; uso do alúmem como coagulante no tratamento de água, atribuído a Albert Leeds. Parece que os antigos egípcios já usavam alúmem para clarificar as águas (J.J. Hinman Junior, 1959).

Em 1884 Dibden utiliza cloreto de cal (hipoclorito de cálcio) para desinfecção e desodorização dos esgotos lançados no Tâmis; mais tarde este processo será substituído por outro (J.M. de Azevedo Netto, 1959; J. Capocchi, 1962). Em 1884 pela primeira vez Koch descreve o Vibrio Cholerae (hoje Vibrio comma). Uma comissão da American Public Health Association em 1885 afirma que, considerados preço e eficiência, o cloreto de cal (hipoclorito de cálcio) era o melhor desinfetante disponível. Em 1885 Frankland estabelece o exame bacteriológico rotineiro das águas de abastecimento (J. Capocchi, 1962).

Em 1887 é construído na Alemanha o primeiro decantador do tipo Dortmund, por Kniebuhler. Nos Estados Unidos, nesse mesmo ano, Bayley - Denton e Baldwin Latham iniciam experiências sobre filtração biológica (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

De 1887 a 1898, seguindo o paradigma criado pela

patente de Webster, concedida na Inglaterra em 1887, surgem meia dúzia de inventos norte americanos, destinados a tratar água por meios eletrolíticos. J.J. Powers patenteia aparelho que gerava cloro gasoso ($\text{MnO}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$) para tratar esgotos; constroem seis estações depuradoras no estado de New York das quais quatro estão hoje dentro da cidade de New York (J. Capocchi, 1962).

No laboratório do Conselho Municipal de Londres, Percy e Grace Frankland, reconhecem em 1887 a eficiência, do filtro lento de areia em remover bactérias, usando a técnica de contagem de bactérias introduzida na Alemanha por Robert Koch entre 1881-1883 (J.J. Hinman Junior, 1957). Em 1888 R. Hering recomenda o prolongamento das descargas de esgotos da cidade de New York, com o objetivo de assegurar maior diluição (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1888, Albert R. Leeds, professor de Química do Stevens Institute of Technology - Hoboken - New Jersey, patenteia processo e aparelho pelos quais eletrolisava água tornada condutora (principalmente graças a HCl), produzindo gases (cloro?) que atacavam as "impurezas orgânicas" contidas na própria água, a qual podia, em seguida, ser submetida à filtração. São concedidas patentes inglesa e americana a Omar H. Jewell, de Chicago, para aparelho eletrolítico que consistia em eletrodos instalados na abóbada de filtro mecânico. Em 1889, na França, M. Hermite, um dos pioneiros no campo dos agentes químicos de desinfecção, eletrolisa água do mar para preparar um sanificante de uso doméstico para, principalmente uso de privadas, é o Hermite fluid. Entre 1889-1890, é feita desinfecção de esgotos pela eletrólise dos cloretos encontrados no próprio esgoto (Webster) ou aproveitando-se cloretos da água do mar. Em 1890 monta-se uma ins-

talação desse tipo em Bradford - Inglaterra e, nesse mesmo ano, o processo Leblanc, de fabricação de barrilha, começa a sofrer a competição da soda cáustica eletrolítica (e do cloro), fabricada na Alemanha a partir diretamente do Na Cl (J. Capocchi, 1962).

No ano de 1891 Birch inventa os tanques sépticos de compartimentos superpostos, tem início a secagem de lodos em leitos abertos e G.E. Waring obtém patente sobre a filtração biológica com aeração. Em 1892 são feitas na Inglaterra, na W.J. Dibdin, experiências sobre leitos de contacto e filtração biológica. Em 1893 se constroem, em Nápoles, uma rede de esgotos e na Inglaterra é feita a primeira instalação de filtros biológicos com distribuidores fixos (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Entre 1893-1894 surge o Electrozone destinado a destruir bactérias e preparado segundo o processo de Woolf, eletrolisando soluções salinas. Para evitar a poluição do lago Croton, que abastece New York, pelos esgotos de Brewster e do riacho Tonetta, são ambos desinfetados pelo citado processo. Um incêndio, em 1911, destrói a instalação Electrozone de Brewster e a desinfecção passa a ser feita com hipoclorito de cálcio.

Na Alemanha em 1894, Traube que, no dizer de Imbeaux, foi o inventor da aplicação de cloreto de cal em águas, consegue esterilizar água rica em bactérias, aplicando 1,06 mg de cloro útil por litro de água e mantendo o hipoclorito em contacto com a amostra, durante duas horas. Após esse período, o excesso de cloro era destruído por meio de bissulfito de sódio (J. Capocchi, 1962).

Em 1894 o professor Thomas M. Drown publica no Journal of New England Water Works Association, uma mise au

point sobre o tema da purificação de água pela eletricidade dizendo: "A assim chamada purificação elétrica da água, tratando-a com uma solução eletrolisada de sal, verifica-se que é simplesmente um processo de desinfecção por hipoclorito de sódio; a eletricidade, pois, nada tem a ver com isso. Não existe nenhuma peculiaridade no NaOCl produzido por eletrólise". Não se trata, portanto, de eletrocussão direta das bactérias, como conta jocosamente M.N. Baker, em seu *The Quest for Pure Water* e como alguém, talvez, pudesse acreditar... (apud J. Capocchi, 1962).

Em Paris, em 1894 é inaugurado o sistema Tout - à - l'égout e são estabelecidas áreas de irrigação em Achères para recebimento dos efluentes. Nesse ano os Estados Unidos constroem um filtro biológico com aeração. Boston é, em 1895, a primeira cidade a executar um sistema de esgotos mar a dentro, em profundidade; é o Emissário de Moon Island (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Pesquisadores alemães em 1895 mostram que o víbrio da cólera das águas do rio Nilo era destruído por meio de hipoclorito de sódio. Realizam experiências, muito bem conduzidas, sobre destruição de bactérias, levando em conta a dosagem, o tempo, a riqueza em matéria orgânica etc. Sua preocupação parecia ser a esterilização instantânea, útil para viajantes, para forças militares acampadas, etc. Em 1896, na antiga base naval austro-húngara de Pola (Mar Adriático) é dominada uma epidemia de febre tifóide, graças ao bleaching powder (cloreto de cal) que George W. Fuller e William M. Jewell aplicam durante uma ou duas semanas, hipoclorito de sódio na Louisville Experimental Station no Kentucky nos Estados Unidos (J. Capocchi, 1962).

Em 1896 D. Cameron realiza na Inglaterra os pri-

meiros ensaios sobre funcionamento de tanques sépticos fechados. Em 1897 é patenteado o tanque séptico Cameron e H. Bazin estabelece sua fórmula aplicável aos condutos livres (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

William Jewell, (filho de Omar H. Jewell do aparelho eletrolítico) em 1897 experimenta um novo aparelho eletrolítico para filtro mecânico, da Louisville Filtration Experimental Station e aplica hipoclorito e cloro gasoso ao efluente de um filtro em Adrian, Michigan. Pela primeira vez na Inglaterra, Sims Woodhead, em 1897, combate epidemia de febre tifóide em Maidstone no Kent, esterilizando com hipoclorito de cálcio. É utilizado o Electrozone no rio Tâmsa, nesse mesmo ano.

Em 1898 Proskauer e Elsner obtêm resultados satisfatórios, clorando com 3 a 4 partes por milhão de cloro, e com 10 minutos de contacto, o esgoto clarificado de Hamburgo. Dunbar e Zirn acham que, para esgoto bruto, eram necessárias 17 partes por milhão de cloro útil e 2 horas de contacto afim de eliminar o *Bacillus typhosus* e o *Vibrio cholerae*. Berge em 1900 experimenta o emprego de peróxido de cloro ($\text{HCl} + \text{KClO}_3$), sendo que na Bélgica, Ostende, adota esse processo em estação para seis milhões de litro por dia, aplicando 0,53 mg/l de cloro útil. Na Bélgica, Bruxelas e um hospital em Petrogrado na Rússia imitam, a seguir, a cidade de Ostende (J. Capocchi, 1962).

Em 1900 dá-se a abertura do grande Canal de Drenagem de Chicago, concebido para o afastamento por diluição. Em 1901 entra em operação a primeira estação municipal de filtragem biológica em Madison e em Providence e é reconhecida a importância da dispersão em águas profundas (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

No ano de 1902 (pouco mais de cem anos depois de descoberto o cloro) o Dr. Maurício Duyk instala em Middlekerk, na Bélgica, o primeiro sistema permanente de cloração de água de abastecimento público; as águas recebiam 0,2 parte por milhão de cloro proveniente de cloreto de cal e 8 partes por milhão de cloreto férrico. Esse tratamento persiste até 1921, quando é interrompido porque a cidade passa "a abastecer-se de água pura, de fonte..." Em 1903, há a primeira sugestão para emprego de cloro comprimido em cilindros de aço, feita por Nesfield do Indian Army Medical Service. Recomendava também compostos de cloro para evitar perdas de vida por moléstias de veiculação hídrica, como acabava de acontecer na Guerra dos Boers. Falava em 10 partes por milhão removendo-se o excesso depois de dez minutos (J. Capocchi, 1962).

Na Virgínia, Moore e Kellerman, em 1904, introduzem o uso de sulfato de cobre para controlar as algas do plancton, baseados em observações do biólogo Naegeli, da influência do cobre sobre as algas (J.J. Hinman Junior, 1959).

Ainda em 1904 A. Hazen estabelece sua famosa Teoria da Sedimentação; em Massachussetts são introduzidos princípios racionais no projeto de Caixas de Areia: Unidades Múltiplas com velocidade conveniente (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Entre 1904 e 1907 são feitas desinfecções de esgotos por cloro, em Bengala na Índia e em Ohio nos Estados Unidos. O segundo caso de cloração sistemática de água de abastecimento público, verifica-se em Lincoln, na Inglaterra, tendo continuado até 1911. Após uma inundação aplicou-se hipoclorito de sódio com dez por cento de cloro útil, para dar 1 parte por milhão de cloro por determinação do Dr. Alexander C. Houston que, para provar que o cloro não era nocivo, co-

locou peixinhos dourados dentro de uma cesta metálica imersa em água clorada!... (J. Capocchi, 1962).

Em 1906 na Alemanha, K. Imhoff inventa o tanque que leva seu nome; em 1908 constroem-se tanques para remoção de óleos e graxas na estação depuradora de Washington (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1906 Schwarz observa que o cloro não possui poder de penetração nos materiais em suspensão no esgoto; aliás, Schumacher já havia feito observação idêntica. Entre 1906 e 1907 os trabalhos de Phelps em Boston sobre cloração de esgotos marcam, segundo Race, o início de nova era na Ciência Sanitária; em 1907 Kranejuhl e Kurjuivut estudando em Berlim a cloração de esgotos adotam o B. coli como indicador de patogenicidade. Em 1908 é iniciado o tratamento em larga escala por meio de hipocloritos na cidade Jersey (N.J.) nos Estados Unidos. A Filadelfia em 1909 aplica às suas águas hipoclorito de sódio produzido em células eletrolíticas e depois passa a aplicar cloreto de cal (hipoclorito de cálcio). Ainda em 1909 inicia-se, nos Estados Unidos, produção industrial de cloro liquefeito; Phelps propõe o uso de orto-tolidina como indicador colorimétrico dos residuais de cloro (J. Capocchi, 1962).

Em Chicago em 1908, Johnson e Jennings também utilizam o cloreto de cal (hipoclorito de cálcio) para tratar as águas; o mesmo se dá em New Jersey, tendo início, em 1909, uma discussão legal sobre o uso cloro, que resultou no descobrimento de que o cloro era não só inofensivo mas de uso benéfico. Em 1908 tem início em Ohio o abrandamento da água em grande escala e o importante trabalho de C.P. Hoover e seus associados, embora pareça certo que no Canadá, Inglaterra e outras localidades dos Estados Unidos já se abrandas

se água; em 1910 C.R. Darnall, nos Estados Unidos começa a adicionar, a seco, cloro líquido no tratamento de água (J. J. Hinman Junior, 1959; A. Wolman, 1959). No mesmo ano, em Maryland tem início a digestão separada de lodo (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Na Inglaterra, em 1910, por determinação da Metropolitan Water Board, a cidade de Reading consagra-se como pioneira na cloração de água de abastecimento público, empregando também filtros Candy de carvão para decolorar, em seguida. Também em 1910 Rideal observa o efeito estabilizador da amônia, na cloração de esgotos e verifica que o "coeficiente de fenol" de solução de hipoclorito, com 1% de cloro útil, passou de 2,18 para 6,36 pela adição de quantidade equivalente de amônia (J. Capocchi, 1962).

Um trabalhador alemão, George Ornstein, em 1912, desenvolve o método de "dosagem por solução" inventando o primeiro aparelho clorador, para ser instalado em New York, onde ele era empregado na Eletro Bleaching Gas Company. Esse aparelho de cloro gasoso é usado em Niagara Falls. Essa patente de Ornstein passou para a Wallace & Tiernan Co em 1917 (A. Wolman, 1959; J.M. de Azevedo Netto, 1959; J.J. Hinman Junior, 1959; J. Capocchi, 1962).

Houston descobre em 1912 que uma super dose de cloro servia, não só para desinfetar, como para destruir odores. O processo da supercloração será adotado, em 1926 por Howard. Em 1913 Elims e Hauser contribuem com padrões colorimétricos para medida de cloro residual, pelo ensaio com ortotolidina (J. Cappochi, 1962).

Em 1913 E. Arden, W. Lockett e G. Fowler desenvolvem o processo de lodos ativados e nesse mesmo ano o serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos cria, em Cincinnati,

um Centro de Pesquisas sobre Poluição das Águas. A. Mazza, engenheiro italiano, em 1913 inventa os tubos de cimento - amianto. Black e Phelps, em 1914, investigam a diluição de esgotos no estuário de New York com introdução da formulação da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Em 1915 instala-se na Califórnia a primeira grade mecânica de limpeza, projetada por Gillespie, introduz-se o processo de bio-aeração em Sheffield, por Haworth e na Georgia tem início a coleta de gás nos tanques de Imhoff (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Joseph Race inventa a "cloraminação" em 1915. Em Londres, o Metropolitan Water Board instala clorador de gás fabricado pela Paterson Engineering Company em 1916. Passa a ser aplicado, em 1916, cloreto de cal (hipoclorito de cálcio) às águas do Tâmsa, antes de entrarem no aqueduto Staines, que as leva a filtros lentos; em 1917 praticamente a totalidade das águas londrinas passam a ser cloradas; em Ottawa, passa a ser empregado por J. Race, amônia e cloro para eliminação de sabor (cloraminação), em 1917 (J. Capocchi, 1962).

Em 1920 Cunliffe, Howard, Hanan e outros reconhecem o efeito de fenóis e seus compostos como causadores de sabores desagradáveis na água clorada. Enslow, Baylis, Langelier e outros pensam em controlar o pH na série alcalina para estabilizar águas filtradas e prevenir, quer a corrosão quer a deposição de carbonato de cálcio, por volta do ano 1925 (J.J. Hinman Junior, 1959).

Em 1926 Howard aplica, em Toronto, super-cloração permanente em larga escala (J. Capocchi, 1962).

Em New Jersey, em 1927 é adotado equipamento mecânico para remoção e lavagem de areia; em 1928 entra em funcionamento o primeiro digestor projetado e construído com

aquecimento de lodos (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

R.D. Scott em 1928 descreve o fenômeno que se chamará, depois, cloração flexional (breack point clorination). Em 1929 Adler publica, na Alemanha, estudos sobre uma hoch-chlorierung isto é, cloração intensa, com doses elevadas de cloro determinadas para cada tipo de água, nas suas diversas condições. Segundo os Diagramas de Adler, são três os grupos de água, com poluição crescente. O Sistema Adler, de cloração adotado em Stuttgart sob a sigla ADM (Adler Diachlor-Mutonit) compreende a descloração por meio de carvão ativado. De certo modo o processo lembra a cloração flexional e a supercloração de ingleses e americanos (J. Capocchi, 1962).

Em 1929, em Los Angeles, Warren, Rawn e Palmer estabelecem um método racional para pré-determinação das manchas de esgotos ocasionadas por lançamentos submarinos (J. M. de Azevedo Netto, 1959). Em Michigan em 1929, Hulberts e Herring empreendem estudos de lavagem de filtros rápidos de areia e influência da temperatura da água, com o objetivo de obter 50% de expansão de areia, durante a lavagem de filtros (J.J. Hinman Junior, 1929).

Los Angeles adota em 1931, o sistema de digestão por estágios múltiplos; em 1932 G.M. Fair e E.W. Moore estudam a digestão de lodo; na Estação de Tratamento de Esgotos, em 1933, os lodos são incinerados em grande escala (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Los Angeles que em 1908 (devido a escassez de águas subterrâneas) buscou água nos mananciais Owens a 443 km de distância e a 1335 metros de altura, novamente tem problemas e, junto com outras treze cidades costeiras, dá início à construção do Aqueduto do Rio Colorado em 1932, obra essa

terminada em 1939. Em New York tem início em 1937 a construção do aqueduto Delaware, concluído somente em 1950 (M. Sallovitz e M.J. Sallovitz, 1951).

Em 1939 Griffin publica no Journal of the American Water Works Association, um trabalho intitulado Reaction of Heavy Doses of Chlorine in Water, estudando magistralmente o break point (J. Capocchi, 1962).

Quando, entre 1939 e 1940, tratava as águas do rio Des Moines, em Iowa, Horace A. Browniv descobre o método que foi chamado cloração exata. Brown fez também amplo estudo prático sobre super-cloração, cloração flexional e "super colossal clorination" no J.A.W.W.A., Julho de 1940 (J.M. de Azevedo Netto, 1959; J.J. Hinman Junior, 1959; J. Capocchi, 1962).

Entre 1942 e 1943 é utilizada a cloração flexional (break point) para eliminar odor e sabor em água. Em 1943 em Coventry, na Inglaterra, também começa a ser utilizada a cloração flexional (J. Capocchi, 1962).

Entre 1942 e 1943 os Estados Unidos desenvolvem método para uso de Filtro de Diatomáceas (J.J. Hinman Junior, 1959).

Surgem em 1946 métodos mais aperfeiçoados para a diferenciação de cloro livre e cloro combinado residuais. Gordon M. Fair, J. Carrell Morris, Shih Lu Chang, Ira Weil e Robert P. Burden publicam no J.A.W.W.A. de outubro de 1948, The Behavior of Chlorine as a Water Disinfectant, o que constitui uma notável contribuição para o conhecimento do "Modus Agendi" do cloro (J. Capocchi, 1962).

"Todo conhecimento não é mais
que a experiência registrada
e o produto da história"
(Thomaz Carlyle)

2.3.2.1- A água no Brasil

A carta de Pero Vaz de Caminha, escrivão do rei Dom Manoel e que - pode se dizer - é a "certidão de nascimento" do Brasil, em pitoresco português arcaico, lírica e pitorescamente atesta: "A terra por cima toda chaã e muito hermosa... de muitos boos aares asy frios e temperados... e em tal maneira he graciosa que querendoa aproveitar darsea neela tudo per bem das agoas que tem" (P.V. de Caminha, 1500 apud S.M. Branco, 1972; apud M. Miranda, 1976).

É sempre fácil acreditar naquilo em que convém crer e o brasileiro se acalenta com a carta - registro, embora se ja ela carente de cientifismo e esteja eivada de juízos de valor... Acreditando na fecundidade de sua terra e na fartu ra de suas águas, o brasileiro comum não luta para proteger seu chão e preocupa-se ainda menos com suas águas fartas, boas... quiçã infinitas... Não culpemos disso o relatório quinhentista. Para o referencial da época as águas eram mui tas realmente e, pela estimativa de crescimento populacional que todos os componentes do grupo descobridor possa ter fei to (por mais otimistas que fossem), as águas eram abundan tes realmente!

Quando os primeiros colonizadores aqui chegaram, trouxeram os jesuítas para cristianizar os índios, ensinando-lhes religião, catecismo e as primeiras letras. Em 1554 os padres jesuítas erguem - à margem do Tamanduateí - uma choça coberta de guaricanga para lhes servir de casa - esco

la - igreja, dando início a um povoado junto à águas que seriam fartas por um bom período. Como poderiam Anchieta, Nóbrega e Paiva antever quantos problemas a gigantesca São Paulo iria, num futuro não tão distante, enfrentar por causa dessas águas? De resto, estimativas populacionais feitas centenas de anos mais tarde também falharam...

Conta o historiador Afonso de Freitas que, "nos primeiros tempos da colônia iam os vilarengos abeberar-se nas fontes que brotavam pelo declive da montanha e também nas afluições da margem esquerda do Anhangabaú", abastecimento esse que perdurou quase por 200 anos, ficando bastante conhecidas as fontes Jacuba, Açu, Gavo, Guarepe, Moringuinho, Santa Luzia, da Chácara do Machado e do Quintal do Colégio (apud J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Mas as fontes e os ribeirões naturais vão se tornando locais sujos e a população logo reclama medidas corretivas pelas autoridades, medidas essas, "aliás - como pelo tempo em fora - mui alardeadas e pouco executadas". E não era apenas um problema de falta de asseio físico, a moral - rígida moral da época - encontra defensores que levam a Câmara a decidir-se, em 1576, pela punição dos jovens que fossem encontrados na fonte "pegando alguma mulher"... Mas os ouvidos se fizeram moucos pois em 1613 voltam a insistir que "nenhum mancebo de 15 anos para cima fosse às aguadas ou fontes da vila" (M. Savelli, 1964). Será que o serviço de transporte de água passou a ser prerrogativa de mulheres e crianças? ou as fontes teriam continuado a ser locais de encontros não muito ortodoxos?...

Em fins do século XVI e início do século XVII em todo nordeste, especialmente na Bahia, são figuras comuns os aguadeiros e os aguadeiros mirins. Aliás, em todo o Brasil

se faz o comércio de água com venda do líquido em barrilzinhos, latas e potes. Em São Paulo um barril pequeno de água custava quarenta réis. Mas é no nordeste que o aguadeiro melhor se casa com a paisagem e chega a figurar no folclore. Os primeiros aguadeiros foram os portugueses, que apregoavam seu produto alegremente. Mercadoria indispensável, eles fizeram bom dinheiro com ela e dizia um deles em relatório dirigido às autoridades de seu país de origem: "As águas são boas, o povo é burro; a água é deles e nós lha vendemos"*****

Na Bahia ainda hoje encontramos aguadeiros mercadejando água em barris transportados por mulas e jegues. Aliás... bem mais pitoresco que se comprar em bares e supermercados, água engarrafada! Na época era grande a procura dos barris de água (1590-1650) e havia no nordeste um grande número de aguadeiros, que tangiam os jumentinhos e os jegues equilibrando sua carga; ou que transportavam os barris em carrinhos de madeira, de fabricação caseira, de 2 rodas e com dois longos cabos de madeira roliça de cerca de 2 metros os quais ele repousa no ombro para facilitar o movimento. Os garotos corriam cantando alegres e, neste século, quando surgiram os automóveis, os garotos substituíram os cantos e pregões por um ruído que imita o ronco do automóvel e que suaviza a tarefa ao transformá-la em trabalho - jogo.

Possivelmente a mais antiga recomendação de critério sanitário de água no Brasil tenha sido escrita em 1648 por Williem Pies, médico da corte de Maurício de Nassau: "Os velhos naturais não menos solertes em distinguir pelo gosto

***** Comunicação pessoal com o Professor Doutor Samuel Murgel Branco que ouviu o relato de seu avô engenheiro Joaquim Branco.

as diferenças das águas, que os nossos em discernir as várias qualidades dos vinhos, acusam de imprudentes os que colhem água sem de nenhum modo as discriminar. Quanto a eles usam as mais tênues e doces, que não deixam nenhum depósito e as conservam ao ar livre em lugares elevados (de preferência aos subterrâneos por causa do tepor), por dias e noites, em bilhas de barro, onde não obstante os raios a prumo do sol, se tornam num momento mui frescas" (apud S.M. Branco, 1978).

Em 1673 foram iniciadas as obras de construção da primeira adutora do Rio de Janeiro, e nada mais era senão o Aqueduto do Carioca, construído com o objetivo de trazer ao então Campo de Santo Antonio as águas do rio Carioca. Os Arcos Velhos pertenciam a essa adutora e terminavam no primeiro chafariz do Carioca (R.M. da Silva, 1965). O Chafariz do Carioca seria, mais tarde, não apenas fonte de água mas fonte de inspiração para os pintores do porte do francês Jean Baptiste Debret (1798-1848), do alemão Johann Montz Rugendas (1802-1858) e do austríaco Thomaz Ender (1793-1875), quando moravam no Brasil (entre 1815 e 1822).

Em São Paulo, em 1744, os frades franciscanos construíram o primeiro encanamento de água para abastecer o convento de São Francisco, água essa que passou a servir não só os religiosos do convento mas a toda a coletividade, que era, aliás, pequena (M. Savelli, 1964; J.M. de Azevedo Netto, 1976; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Nesse mesmo ano a Câmara contratou com o pedreiro Cipriano Funtan, a construção "na paragem chamada Inhangavaú, de um primeiro chafariz capaz de serventia ao povo, com capacidade de ficar vistosa a fonte, que teria doze palmos em quadra de chão lageado, duas pias de boa pedra, com uma cimalha bem feita". O lamentável é que o plano tenha ficado no papel... (M. Savelli, 1964; P.M. Yos

himoto et alii 1980).

Em Minas Gerais, na cidade de Vila Rica - hoje Ouro Preto - no ano de 1745 foi construído por João Domingos Veyga o chafariz de São José (próximo a Casa dos Contos). Rezava o contrato de construção que o chafariz deveria ser construído "em pedra de Itacolomy da melhor, e mais branca, e com igualdade na cor, tudo bem betumado, em forma tal que não vaze a agoa, e se gateará de bronze bem chumbado, e os socos digo adonde descansarem os barrís, e toda a borda do tanque levará chapas de ferro em toda a borda do tanque levará chapas de ferro em toda a sua circunferência, para que se não gaste a pedra com facilidade, e as taes chapas de ferro levará meya grossura do dito ferro bem chumbado... Terminada a obra, e das condições que se meterão dous louvados hum será o Autor que fes o dezenho, para ver se está ou não como o dezenho... O outro louvado será professor de pedreiro para examinar a qualidade da pedra... E... qualquer defeyto aprovado pelos ditos louvados, será o dito rematante obrigado a refazellos a sua custa, para perfeição da dita obra". (J. Capocchi, 1962).

Os religiosos paulistanos do convento de Santa Thereza resolvem, eles próprios, seu problema de água. Através de regos de pedras soltas (com o que aliás eram feitos, usualmente, os aquedutos da época) que, cruzando o futuro bairro da Liberdade, aduziam águas do Anhangabaú para sua mansão religiosa. As águas residuárias desse convento escorriam terreno a fora indo formar um lodaçal nas casas do mercado na Baixada do Buracão. Também o Convento da Luz retira água do Saracura, contribuinte da margem esquerda do Anhangabaú; essa água escoava margeando o caminho do Piques (rua da Consolação), a rua do Paredão (Xavier de Toledo), o campo do Zu-

negra (Paissandú) e chegando finalmente ao convento (M. Saveli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

O aqueduto do Carioca se estragou rápido e em 1750 ele foi recomposto: os Arcos Novos foram reconstruídos e até hoje restam a Ponte - canal que hoje está sob orientação do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional (R.M. da Silva, 1965).

Aquele primeiro chafariz mineiro (São José) teve suas águas escasseadas e em 1756 o Senado mandou fazer "hua mina em a May da agoa que vem para o chafariz da Ponte de São Jozé pera tirar agoa para o mesmo chafariz por ter demenuído a que tinha em muita parte". Não é novo, vemos, o problema de escassês de água para abastecimento público! (J. Capocchi, 1962).

Por essa época o Senado das Câmaras da Capitania de Minas Gerais têm muita preocupação com a Saúde Pública, fazem um verdadeiro Código Sanitário que, entre outras coisas "proíbe que lancem cousas imundas nas ruas ou becos públicos, nem nos canos que desagoão para ellas" (J. Capocchi, 1962).

O Governador Lorena, de São Paulo, determinou a construção do Chafariz da Misericórdia, em 1770 nas proximidades das ruas Direita e do Palácio. Nesse chafariz foi instalada a segunda tubulação de esgotos de São Paulo, para levar águas servidas para o quintal do Palácio. Um segundo chafariz foi construído no Jardim Botânico da Luz e tanto este como o Chafariz da Misericórdia forneciam água escassa e de má qualidade (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Também o Rio de Janeiro entrou na era dos chafarizes, e em 1772 o segundo é construído: o Chafariz do Cais (hoje rua da Glória); seguindo-se dois no largo do Palácio

do Paço (atual Praça 15) sendo um construído por Gomes Freire e outro - para substituí-lo - construído por Luiz Vasconcellos. Vieram depois o Chafariz das Marrecas, a fonte dos Jacarés ou Fonte dos Amores, no Passeio Público o Chafariz do Largo do Moura (próximo ao local onde hoje está o Museu Histórico, o Chafariz do Lagarto (na rua Frei Caneca) o Chafariz das Saracuras no antigo Convento da Ajuda (atual Cinelândia) e vários outros foram construídos até o final do século XVIII (R.M. da Silva, 1965).

Em 1773 a Câmara de São Paulo elaborou decreto para que fosse reparada a Bica do Acu o que só foi feito dez anos mais tarde com recomendações de não serem atirados detritos no rego rasgado para escoamento da linfa mal cheirosa e horrenda. Provavelmente por isso a bica (imortalizada num quadro de Clovis Graciano) recebeu o nome de Acu que, segundo Afonso de Freitas significa água venenosa. Em 1774 é construído o Chafariz do Quartel com águas do Córrego das Almas, formados do Anhangabaú (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Dom Rodrigo de Menezes, entre 1780 e 1783 mandou construir um chafariz "na vertente para a fonte dos Tabões, em meio da serra", chafariz que existe até hoje (J. Capocchi, 1962).

No ano de 1785 foi iniciada a construção da Câmara e Cadeia de Vila Rica, hoje Museu da Inconfidência (mandado construir por el Rei em 1730 e concluído em 1831). As Cartas Chilenas, atribuídas a Thomaz A. Gonzaga, contam os terríveis problemas dos escravos nessa construção e fala dos abusos de autoridade dos construtores. Os peritos da vistoria da obra dizem no documento: "Foy outro sim dito que nas paredes dos alicerces de dentro era conveniente que se mete

cem logo os canos das commuas para darem despediçam do despejo das commuas de sima".

O historiador Francisco Antonio Lopes, descrevendo essa obra diz "Os esgotos da cadeia de Ouro Preto são formados por uma galeria central, que vai desembocar no Rio Funil, com forte declividade, e por galerias secundárias, de serventia das antigas sentinas das duas alas do edifício... Essas galerias são de paredes verticais, de pedra seca, apresentando capeamento de lajões e fundo de cantaria curva. A principal delas tem dimensões suficientes para dar passagem a uma pessoa, andando em posição normal... Pelos esgotos, em várias épocas, houve fugas e tentativas de fugas de presos. Depois da última, porém, ocorrida nos primeiros dias do século atual, foram cimentados na alvenaria de pedra da parede dos fundos, dois tubos de ferro, que vieram impossibilitar novas fugas (apud M. Savelli, 1962).

Mas os esgotos da cadeia continuariam dando problema e em 1837 a Câmara de Ouro Preto oficia ao Presidente da Província por causa das fugas e diz: "... continuando as cloacas da maneira que estão construídas hão de oferecer sempre meio de escapula aos criminosos... que não se podendo estreitallo mais porque isso facilitaria a aglomeração de imundícies que de certo impedirão o livre curso das Agoas". E assim a solução que eles encontram é "mandar entupir todo o encanamento e as mesmas latrinas" e mais, sugere abrir portas para os pátios para que "os Galés possam em todos os dias pela manhã fazer a indispensável limpeza" evitando que o fizessem "pelas escadas que dão passagem das sallas de cima, para as mesmas Enchovias" (Francisco Antonio Lopes, 1952; apud M. Samelli, 1962).

E não para aí o pitoresco das tubulações do esgo-

to do atual Museu da Inconfidência. As manilhas são de pedra sabão! Foram manufaturadas com instrumentos para talhá-la e eram perfuradas com uma "bomba" que era um instrumento portando uma broca, e que datam da época da construção, 1785 (M. Savelli, 1962).

Nos idos de 1787, a Câmara Municipal de São Paulo mandou calçar as ruas da cidade, mas os largos e praças inundaram quando chovia. Negros e mulatos vendiam água nas ruas, em carros pipa. No dizer de Ernani Silva Bruno, entre 1800 e 1850 a água era problema sério em São Paulo. As bicas e o Tamanduateí tinham água em más condições e o povo reclamava. Na chácara do Senhor Miguel Carlos na confluência do Anhangabaú com o Tamanduateí havia água farta e boa, mas essa bica era propriedade particular e dela se serviam apenas os amigos e as pessoas de recursos.

O povo utilizava as águas do único chafariz existente - o da Misericórdia - com quatro bicas que não jorravam com abundância. Noite e dia os escravos baldeavam água do chafariz sendo que, à noite, o movimento era maior. Essas águas vinham do tanque do Reúno e em seu percurso atravessavam um rego descoberto, parte do qual passava por um arrabalde sujo chamado Rua do Rego. Quando havia seca a água, já de si escassa, rareava ainda mais e os escravos lutavam, corporalmente, por ela. Muito pote de barro foi quebrado nas lutas pelas águas.

Fora da cidade existia um outro chafariz de água (tão ruim quanto a do outro) que vinha de uma lagoa natural, rodeada por mato, e onde se lavava roupa.

Os detritos eram depositados na raízes do Tamanduateí, freqüentemente encharcado, ou num sulco profundo aberto no vale do Anhangabaú ou ainda nos altos onde seria de-

pois aberta a rua da Palha (Sete de Abril) (C.A. Freire, 1972).

No ano de 1791 Bernardo José Lorena, preocupado com as "péssimas qualidades de que muitas agoas se acham impregnadas" encomendou ao astrônomo do rei Bento Sanches Dorta "que se tem aplicado muito a estudos desta natureza, formar uma analysys de agoa referida, e hê a que inclusa remeto vmces. para terem a certeza de que não pode cauzar damno aos moradores desta cidade". Tanto a carta que acompanha o laudo de análise como ele próprio são interessantíssimos documentos da filosofia de vida da época e, mais ainda pertencem a história da química em coisas assim: "Analysar uma agua nada tem de fácil. A natureza tem confundido de tal modo as diferentes substâncias, espalhadas no interior da terra, por onde as águas passam, que he difficultozissimo separar umas das outras, com toda a exactidão, que pode desejar-se. Muitas destas substancias não estão alli no estado que temos o costume de as vermos. Ellas existem as vezes tão alteradas, que é preciso valermo-nos de todos os auxílios que a Quimica nos pôde dar para as conhecer, e distinguir seu estado de alteração. Em nenhuma averiguação descrepam tanto os Fysicos e Quimicos, como nesta de conhecer a qualidade da água de qualquer fonte. He raro que huma antiga analysis não seja contraditada por outra nova. Muitas vezes não he porque estas analysis sejam mal feitas mas sim porque as diversas substancias de que a agua esta impregnada variam em diferentes tempos. Se nem todas as fontes estão expostas a esses inconvenientes, o estão ao menos algumas. Pode muito bem acontecer que outro qualquer regato que corre no ceio da terra, venha acidentalmente ajuntar-se à corrente d'outra fonte depois de estar analysada; e por consequencia mude a proporção dos seus princípios, e chegue a decompor estes mes

mos; especialmente se este regato he cheio de substancias proprias para isto. Dos terremotos, incendios, escavações de minas nas vizinhanças das fontes; securas, chuvas abundantes, etc. podem resultar os mesmos inconvenientes (Nuto Sant'Ana, 1938 apud Fontes e Chafarizes de São Paulo, 1966).

A simplicidade e sinceridade do astrônomo real em seu relatório, assim como a "primitividade" de suas análises são de admirar, principalmente porque o senso de observação supre a singeleza de sua química e lhe permitem relacionar variáveis como chuva e seca e mais, quando ele se reporta à alteração das substâncias está, provavelmente, se referindo à biodegradação!

Reclama o astrônomo do Rei da falta de certos produtos químicos como Alkali Prussiano, Tintura de Turnesol, Nitro Lunar e outros mais, necessárias às análises de água e diz que "as faltas de algumas drogas de suma necessidade nesta averiguação... e com a ninharia da minha capacidade e pouco tino que tenho das Sciencias Naturaes cumpro com a minha obrigação... fiz quanto foi possível: com o pó das galhas a água em poucos minutos mostrou uma cor roxa quase negra; o que dá a conhecer estar summamente saturada de ferro... A segunda experiência feita com Xarope de Violas não concluiu completamente se esta agua he acida ou alkalina porque a qualidade do tal xarope não he como he necessario ser; e ainda que elle mudou a côr d'agua hum pouco para o verde, o que indica ser alkalina, com tudo não se pode fiar neste sinal, pois o ferro e alguma terra livre costumão produzir este mesmo fenomeno. A terceira experiência feita com alkali fixo vegetal, mostrou na decomposição que faz de saes, que esta agua contem alguma porção de sal neutro de base ferrea, porem em tão pequena quantidade, que na medida de meio

quartilho, lhe extrahi o pezo de grão e meio de sal; este sal que he o que me cauzou o sabor amargo, acima referido. A quarta experiência feita com espirito de vinho retificado, fez vere que esta agua não contem nada de sebenita, pois que a não deixou em percipitação. A quinta experiência feita com Sabão branco, mostrou que esta agua não he selonitoza, (prova da quarta experiência) e que não tem acido vitriolico de selenita: pois que dissolveu completamente o sabão branco e não deixou nadar na sua superfície nem grumos, nem a parte oleosa que lhe contém; e por consequência deu-nos a conhecer ser boa para se beber e que braquece a roupa de linho e algodão. A sexta experiência feita com água nova de cal, mostrou que a água desta fonte não contém pedra ahume nem selenita vitrificável; porque inteiramente não deixou precipitado branco. A sétima experiência feita com vinagre destillado mostrou que esta agua he acida, pois lhe não cauzou eferescencia alguma; o que succederia sendo alkalina. Tambem fez conhecer não conter esta agua parte alguma de enxofre; porque se não lhe sentio cheiro semelhante ao dos ovos chocos, o que costuma haver quando esta agua se acha no estado de Figado de enxofre. Na mesma experiência manifestou-se ser a terra contida nesta agua argilosa (experiencia tres) pois o vinagre destillado somente tem ação sobre a terra calca-rea.

A outava experiência feita com Vinagre de Saturno indicou não conter esta agua Materia Flōgistica, sulfuria ou inflamável (prova da experiência sete) pois deixou uma deminuta quantidade de precipitado branco. A nossa experiência feita com espirito volatil de sal amoniaco patenteou esta agua livre de cobre; pela propriedade que tem de transformar a agua, em cor verde ou azul ao tempo de dissolver este

metal. A decima experiencia e ultima, foi feita para conhecer a qualidade do ar que esta agua contem; e com effeito vem no conhecimento que elle he puro, pois que não causou comichão alguma, nem ardor dentro dos meus olhos. Quanto a verdadeira quantidade deste ar a não posso determinar pela falta de Instrumentos que indica Halles na sua Statique des Vegetaux. Huma principal operação, que se deve fazer na an al ysi d'agua de qualquer fonte he determinar o seu peso especifico; o que se executa com o areometro. Porem aonde irei achar este Instrumento? De tudo quanto fica referido concludo, que a agua analysada he Ferrea Fria com sal neutro a basse terrea argilosa. Esta terra não pode obstruir o corpo humano, não so pela sua pequena quantidade (experiência tres) mas por ir unida a grande porção de particulas ferreas de que a agua esta impregnada (experiencia um): por esta razão pode se fazer uso della sem receio de molestia alguma; a ainda que ella não seja dotada das tres qualidades requeridas para a constituição da mais perfeita agua: as quaes são: sem cor, sem cheiro, sem gosto. etc.! E ele termina muito fi lo s o f i c a e pitorescamente "... me sujeito aos reparos com tanto que antes de fulminarem contra este trabalho as suas sentenças elles tenham presente que a critica he facil, a arte he difficil... 24 de julho de 1971, Bento Sanches Dorta" (Nutto Sant'Ana, 1938, apud Fontes e Chafanzes de São Paulo, 1966).

Em São Paulo o chafariz mais lembrado do século XVIII é o do Misericórdia. Construído pelo pedreiro Tebas, com pedras da região de Santo Amaro, transportadas em canoas até o porto de Tabatinguera, era alimentado pelos olhos d'agua do córrego das Almas, cujas águas eram derivadas para o tanque do São Francisco. O chafariz "era um vistoso mar

co fontanário, encimado por uma esfera armilar e dotado de quatro torneiras, que, ao ser planejado, preocupou quanto ao volume d'água com que poderia contar na estiagem, ao desenvolvimentista que foi o atilado Bernardo José de Lorena". Apesar de vizinhar com um templo - tal como aconteceu com as fontes - o chafariz tornou-se local não grato à vizinhança, e esta acabou por transferir suas residências para Tabatinguera. O governador Melo, sucessor de Lorena, ampliou o provimento público com dois novos jorros: um no Piques, junto à fonte de Lorena; outro próximo à fonte do Marechal, vulgarmente conhecida como fonte do Cisqueiro, na altura da atual Praça do Correio (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

O nosso Patriarca da Independência, José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) não foi apenas o político de escol a quem o Brasil cultua justamente. Formado em Ciências Naturais e em Direito pela Universidade de Coimbra, pertenceu à Academia de Lisboa, doutor em filosofia, professor na Universidade de Coimbra, foi um grande e fecundo naturalista. Ele e seu irmão Martim Francisco Ribeiro de Andrada, no início do século XIX escreveram: "a primeira coisa que atraíu nossa atenção foi o miserável estado em que se acham os rios Tamanduateí e Tietê, sem margens nem leitos fixos, sangrados em toda parte por sarjetas que formam lagos e pauis que inundam esta bela planície; e o que é mais para lastimar é que quase todos esses males não são obra da natureza mas sim o resultado da ignorância dos que quiseram melhorar o curso desses rios" (apud S.M. Branco, 1972, 1976). O Tamanduateí e o Tietê há quase dois séculos já eram fonte de preocupação!

Em 1810 a Câmara de São Paulo recebeu da popula-

ção um ofício noticiando a existência de um depósito d'água na rua do Príncipe (Quintino Bocaiuva) alertando da necessidade de efetuar consertos no encanamento que saindo do tanque das Freiras ia até ele (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Em novembro de 1810 João Ferreira de Oliveira Bueno, escreveu ao capitão geral da capitania de São Paulo, relatando sua viagem pelo Tiête e ele diz: "o rio Tiête do Guamicanga para baixo é mais pestífero que Mato Grosso" (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Em 1812 a Câmara Municipal de São Paulo publicou o seguinte edital: "Fazemos saber aos moradores desta cidade e seu termo que havendo esta Câmara observado a escassez de água que há n'esta cidade para os usos e necessidades da grande população da mesma, quer em tempos das secas e ainda mesmo no das águas, pela pouca água que corre no único chafariz que atualmente existe; tem o mesmo Senado da Câmara de liberado, por benefício e utilidade pública, fazer tirar as águas do córrego - Avacambuhy (Anhangabaú) unindo-se as águas do Aruceiro da região a um córrego e outra de uma vertente denominada - Vassoroca - e as da cabeceira do Tanque de José Rodrigues Cardin e cabeceira do Lava-Pes, a fim de que, unidas todas as porções d'água se possam conduzir a esta cidade e ahi fundar novos chafarizes ou bicas para o uso público". Por essa época a população era estimada em 8.000 habitantes. Não devia funcionar a contento a fonte na esquina do Convento dos Franciscanos no começo do beco da Casa Santa (atual rua Riachuelo) e que só fornecia agua durante o dia pois, à noite, ninguém ia ao local que tinha fama de mal assombrado!... (M. Savelli, 1964; J.M. de Azevedo Netto, 1966; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

O rio Tiête era utilizado pelas embarcações, ca-

1820, os chafarizes passaram a sofrer a influência da arte daquele arquiteto, ao qual se deve entre outros, o monumental Chafariz do Largo do Carioca, demolido ao tempo do Prefeito Alaor Prata (1925/1926).

O crescimento da cidade foi exigindo a captação de água de mananciais pequenos, ao mesmo tempo em que a população reclamava água encanada e ligada aos domicílios (R.M. Silva, 1965).

O ano de 1822 marca a nossa Independência cujo Grito Dom Pedro I o deu às margens do Rio Ipiranga; nesse ano era muito pequeno o serviço de limpeza não só em São Paulo, mas em todas as outras cidades brasileiras e também em Buenos Aires. Lixo, detritos de toda espécie eram atirados ou amontoados nas ruas e os presos eram os incumbidos da limpeza, o que faziam muito precariamente, acompanhados pelos soldados e anunciando sua presença por causa do barulho das correntes que os prendiam... Nessa época São Paulo já era habitada por 20 mil pessoas e Salvador por 45 mil e ambas enfrentavam sérios problemas de falta de água (C.A. Freire, 1972; P.S. Markun, 1972; J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Em 1828 os registros municipais de São Paulo recriminam a falta d'água e o desmantelamento dos chafarizes, e contam das brigas pela água nas épocas de estiagem, nas torneiras da Misericórdia onde "as águas não eram lá essas coisas pois passava pela rua do Rego, juncada de caveiras, sabugos de chifre e outros repelentes restos de reses, morada que era dos quitandeiros de miudezas do sórdido Matadouro da baixada do Humaitá". A única água considerada boa e, bem por isso, muito solicitada era a da bica da chácara do Miguel Carlos, próxima à confluência do Anhangabaú com o Tamanduateí. É bastante típica a solicitação feita à Câmara pe

dindo um ponto de iluminação pois os estudantes, com suas estúrdias, atrapalhavam o sono dos moradores, com ruidosas passeatas quando iam, altas horas da noite, buscar água nessa chácara. Nas ladeiras Porto Geral, do Carmo e do Fonseca, via-se filas de escravas destramente equilibrando potes sobre as rodilhas (M. Savelli, 1974; P.M. Yoshimoto, 1980).

Furtos de canos ou bicas atrapalhavam e atrasavam o abastecimento de água como denuncia um vereador em 1834! Pois 20 anos após a documentação desse roubo, o Correio Paulistano ainda protestava contra a absoluta penúria d'água que afligia os moradores do Piques, que se podiam servir apenas "de um canal aberto em certo lugar por onde os moradores vão apanhar água com cuias".

No ano de 1835 a Câmara de Vila Rica (hoje Ouro Preto) manda "dezentopir o Encanamento Real... visto que as Agoas das Latrinas e outras estão sem expedição causando grande ruína ao edifício". E recomenda ao Fiscal que "feito o concerto seja a terra socada e derivadas as agoas para o incanamento". Em 1840 é feita uma petição ao Juiz de Direito Substituto..." em a qual fes ver que a continuar se na Enxovia do lado de Antonio Dias com a factura da Ladeira no lugar indicado no risco desta obra pelas observações na mesma feita, vinha esta ficar sem nenhúa segurança pela fraqueza da parede cortada de alguns canaes que pela mesma decem". E o juiz, cioso de seu dever e a Câmara responsável pelo trabalho mandam mudar a referida latrina, gastando para isso cinquenta mil reis!... (J. Capocchi, 1962).

Em 1840 Recife já possuía um sistema de abastecimento de água. Em 1842 São Paulo, com 32 mil habitantes, possuía quatro chafarizes que figuram na planta da cidade, feita por Jose Jacques da Costa Ourique. Nesse ano foi apresen

tado ao Governo da Província, pelo tenente de engenharia José Joaquim da Costa Henriques, o primeiro projeto oficial de adução e distribuição da água. Mas o plano não foi executado (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

A 2 de dezembro de 1846 "no 21º aniversário de S. M. o Sr. Dom Pedro II, por ordem do Presidente da Provincia Quintilliano José da Silva é inaugurado o Chafariz da Praça, em Vila Rica (F.A. Lopes, 1952 apud J. Capocchi, 1962).

Os portos do Tamanduateí - beco das Barbas (ladeira Porto Geral), da Figueira (na Foz do Anhangabaú) o da Tabatinguera - apesar dos bancos de areia, entulhos e aguapês que perturbavam a navegação, tiveram intenso movimento até quando, para a execução do projeto Carlos Bresser em 1849, teve início a retificação do leito do modesto caudal - o que fez praticamente desaparecer o singramento das suas águas (M. Savelli, 1964).

Em Minas Gerais, em sessão da Câmara em 1855 propõe-se que se oficie ao Fiscal para que o Fiscal e dois presos (os correntes de galês, que significava presos ligados de dois em dois, por meio de correntes e de grilhetos de ferro), "examinem o encanamento do Rosario, registrando todos os encanamentos particulares e providenciando para que estes não recebam mais aguas do que as que lhe competirem, e isto com urgência, na ocasião de se alimentar as pias, por se ter concluído o concerto do encanamento geral" (J. Capocchi, 1962):

Em 1854 o governo de São Paulo desejando melhorar as obras de abastecimento de água confiado ao engenheiro ingles William Elliot, confiou a John Cameron a compra, no Rio de Janeiro de tubos de ferro fundido para as canalizações - canos que, apesar de sujeitos a menos reparos, não re

solveram o problema de carência.

As margens do Tamanduateí e Lavapês abriram-se poços, dos quais os aguadeiros portugueses e italianos retiravam água para vender e criavam distúrbios e depredações pois impediam que os outros colhedores - que eram em geral os escravos - retirassem água enquanto não estivessem bem cheias as pipas destinadas à venda... (M. Savelli, 1964).

Em 1857 através da lei nº 29 o governo da Provincia de São Paulo foi autorizado a contratar os serviços de Achilles Martin d'Estadens para o encanamento da água da Cantareira, no qual deveria ser empregada canalização de tubos de ferro laminados e betumados com capacidade necessária para conduzir cem mil medidas de água a cada 24 horas; colocando na linha da canalização até São Gonçalo 25 chafarizes e mais 5 no encanamento da Rua da Luz ao Largo da Consolação". No Rio de Janeiro é construída uma rede de esgotos entre 1857 e 1864 (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

No ano de 1858 já havia 14 chafarizes na cidade de São Paulo e o poder municipal representou ao governo da Promíncia sobre a escassez das bicas. As causas da insuficiência eram, também, as perdas na adução - o que levou o Marechal Lima e Silva, Presidente da Província a afirmar a necessidade de encanamento coberto de pedra para o Chafaris do Piques. Afonso de Freitas escreveu que os tubos eram feitos de papelão e revestidos de asfalto, e o líquido rompia o chamado betume entre o tubo e os cabeços de ferro, devido à imperfeição e à pouca vigilância na oficina" (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto, 1980).

Foi executado em 1861 o serviço de águas de Porto Alegre e no ano seguinte o engenheiro inglês Edward Gotto projetou o sistema de esgotos sanitários do Rio de Janeiro.

Entre 1863 e 1864 é feito um segundo projeto para o abastecimento da cidade de São Paulo, o qual previa a captação das águas da Serra da Cantareira (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Em 1863, comissionado pelo Governo da Província, o engenheiro inglês James Brunless, assistidos por Hooper e Daniel Fox, havia estudado plano geral de abastecimento, optando pela captação do ribeirão Pedra Branca, na Serra da Cantareira - solução corroborada pelo engenheiro Charles Romieu. Mas isso só vai acontecer em 1922 (M. Savelli, 1964).

A seca assolou São Paulo entre 1866-1867, mas o senhor presidente da Província, Tavares Bastos estava muito absorvido em organizar os batalhões que iriam lutar na Guerra do Paraguai, e não atentou para o problema da falta de água. Todos os chafarizes secaram e as fontes minguaram. O chafariz do largo da Misericórdia, por sugestão do Jornal "O Diabo Coxo", foi arreventado por escravos que o malharam com pedaços de pau, gritando Água... Água... Água, esperando ver se repetir o milagre do fornecimento de água que os israelitas tiveram no deserto (Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966).

Em 1871 havia nas ruas paulistanas mais de 400 carroças de carga, 62 pipas de água (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Em 1872 quando São Paulo tinha 26.000 habitantes, o Inspetor Geral de Obras Públicas encaminhou à Câmara orçamento para adução de água, ao Pátio do colégio, onde, num chafariz piramidal, se colocariam três torneiras; à rua do Comércio (Alvares Penteado) e ao Largo de São Bento, a ser dotado de sete torneiras. Em 1873 foi aprovada indicação para construção de um chafariz no largo São Gonçalo (Praça João Mendes) com duas torneiras e derivações para o Largo São Fran

cisco, Carmo, Rosário e rua São José (M. Savelli, 1964; P. M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1873 é executada a rede de esgotos do Recife (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Em 1874 e 1875 mais dois chafarizes são construídos em São Paulo: o de 7 de Setembro pelo Major Luiz de Azevedo Marques no Largo do Rosário (Antonio Prado) e o 25 de Janeiro no Largo do Carmo (J.M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii 1980). Em 1876 tem início a construção de rede de esgotos de São Paulo (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

No ano de 1876, o Governo Imperial, atendendo aos anseios da população que pedia água encanada em suas casas, no Rio de Janeiro, é firmado contrato com o engenheiro Antonio Gabrielli para a canalização (R.M. Silva, 1965).

Deixa de funcionar, em São Paulo, em 1876, o Chafariz da Memória (J.M. de Azevedo Netto, 1976; P.M. Yoshimo et alii, 1980). A higiene pública sofria com a constante falta de água. O rio Tamanduateí recebia os detritos do Matadouro. Os resíduos todos das cadeias públicas eram, nos fins de tarde, conduzidos pelos presos, em cadência de marcha, em grandes barricas até o Ribeirão da Limpeza que ficava atrás da Cadeia, hoje rua da Assembléia. Por tudo isso um grupo de paulistanos se propos a resolver, de uma vez para sempre, o problema de água em São Paulo. Conta o historiador Antonio Egidio Martins no livro "São Paulo Antigo" que esses homens resolveram formar uma Companhia para a realização do grande melhoramento do abastecimento das águas da Cantareira e canalizações de esgotos. Organizou-se assim a Companhia Cantareira em 1877, com 5.000 ações de 200.000 réis cada... Em 1878 esses cidadãos organizadores da Companhia Cantareira cedem ao governo seus privilégios para instala-

ção da rede de águas e esgotos em São Paulo, tendo se dado o lançamento da pedra fundamental das obras da primeira Caixa de Água de São Paulo, em setembro de 1878, com capacidade de 6.000 m³ e N.A. em 787,00 m (M. Savelli, 1964; 19 Sim^{po}sio de Engenharia Sanitária, 1966; J.M. de Azevedo Netto, 1978; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1878 por ocasião da visita de Dom Pedro II à Província de São Paulo, ele embasou a Pedra Fundamental da Santa Casa de Misericórdia mas o projeto da construção não vingou porque os médicos foram contrários à localização uma vez que havia um insuportável odor devido a uma lagoa anaeróbia através da qual, o Matadouro Municipal localizado na rua Humaitá, lançava seus efluentes líquidos no rio Anhangabaú (J.M. de Azevedo Netto, 1978).

Em 1877, no segundo Império, o Rio de Janeiro dá início às obras de captação e adução dos cursos de água da antiga Província Fluminense, com a construção da adutora de São Pedro e em 1880 é construída a adutora do Rio D'Ouro (R. M. da Silva, 1965).

Campinas, no Estado de São Paulo, foi uma das primeiras cidades a contar com Esgotos Sanitários, quando em 1883 Bento Quirino dos Santos fundou a Companhia de Águas e Esgotos de Campinas que fez suas construções importando da Inglaterra manilhas cerâmicas e tubos de ferro fundido. Esses coletores continuam prestando serviços até agora (J.M. Azevedo Netto, 1978).

Afinal, em março de 1881, o encanamento da Cantareira chegou à Ponte Grande e, depois de consertados alguns escapamentos chegou água, em maio, ao reservatório da Consolação. Em 1882 são entregues ao uso público os chafarizes que a nova Companhia da Cantareira colocou no Campo da

Luz (Avenida Tiradentes), também no largo de São Bento, no largo do Pelourinho (7 de Setembro), no Campo Redondo (largo dos Guaianazes) e no largo 7 de Abril (Praça da República) (1º Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966).

Alguns chafarizes começam em 1883, em São Paulo, a receber águas captadas do Ribeirão Pedra Branca, na Serra da Cantareira, de acordo com o projeto elaborado pelo inglês James Brunless (1863); as águas eram provenientes de dois tanques de acumulação, alimentados pelos olhos de água do Toucinho, Iguatemi, Barro Branco e Cuntinga (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

As águas eram canalizadas mas abasteciam a população sem qualquer tratamento químico e já começaram a se fazer sentir os malefícios de uma água sem as características físicas, químicas e biológicas requeridas pela Saúde Pública.

Setenta e um prédios do Bairro da Luz são ligados ao sistema de abastecimento de água da Companhia Cantareira, mas ainda assim uma grande parcela da população continuava a utilizar fontes naturais e casas de banho, das quais a mais famosa era a Sereia Paulista, no Largo de São Bento (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

O chafariz da Misericórdia foi transferido, em 1886 para o Largo de Santa Cecília. Lamentavelmente não o transferiram novamente para um Museu pois, no início do século, ele foi demolido. Também foi demolida, em 1889, a velha Caixa da Quintino Bocaiuva "por ter se constatado ser nociva a água ali depositada" (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Santos, SP, constrói rede de esgotos em 1889 (J.M. de Azevedo Netto, 1959, 1976).

Até o advento da República, 1889, poucas das cidades brasileiras tinham alguma espécie de serviços hidráulico-sanitários. Poucas capitais das províncias do Império

e raríssimas outras cidades possuíam instalações em pleno funcionamento, podendo citar-se Rio de Janeiro, Recife, Salvador, São Paulo, Porto Alegre e algumas das cidades dos Estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul. No início do século XX o Brasil possuía 36 serviços públicos de abastecimento de água; a maioria no Estado de São Paulo (I.C. Puppi, 1973).

O Rio de Janeiro, em 1893 constroeu a adutora Tinguá (R.M. Silva, 1965). Em São Paulo, nesse ano, a Cantareira, passa por ampliações, aproveita as águas do Guaraú, constroeu a adutora do Ipiranga que, saindo da Água Funda, ia abastecer a parte baixa da cidade (Cambuí, Brás, etc.). Em Campinas, no Instituto Agrônomo o Dr. Dafert faz, no Brasil, as primeiras análises químicas de água (J.M. de Azevedo Netto, 1976, 1978). Os Chafarizes paulistas do Largo do Rosário, Campo da Luz, Largo de São Bento, Largo do Pelourinho, Largo 7 de Abril, e do Campo Redondo foram retirados para forçar a população a canalizar águas em suas casas. A destruição do Chafariz do Rosário foi acompanhada de violenta revolta popular, reprimida por forças policiais (M. Savelli, 1974; P.M. Yoshimoto, 1980). Por esse tempo havia muitas queixas do povo contra a Cantareira e o Governo avoca a si a responsabilidade dos serviços de água, criando a Repartição de Águas e Esgotos (R.A.E.). Existia, então apenas duas adutoras: Ipiranga, alimentada por uma pequena represa na Água Funda, atual Jardim Zoológico (com 3400 m^3 diários na vazão máxima e 1000 m^3 na mínima) e Cantareira, supridora do reservatório da Consolação, abastecendo o centro da cidade. As duas adutoras forneciam cerca de 6.000.000 de litros diários, para cerca de 100.000 habitantes (J.M. de Azevedo Netto, 1959, 1976, 1978; M. Savelli, 1964; 1º Simpósio de

Engenharia Sanitária, 1966; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Com o objetivo de melhorar o abastecimento de água em São Paulo, em 1893, logo após a encampação da Cantareira, foi elaborado um plano de obras, iniciando-se a captação de outros recursos da Serra da Cantareira, constituídos por pequenos córregos da chamada ala direita, que vieram reforçar a adução para o reservatório da Consolação, através da adutora do Guaraú, já concluída e, de contingentes da que se denominou ala esquerda que, reunidos na chamada Caixa do Guapira eram encaminhados a um novo reservatório, o da Libertade, construído em 1894, no largo 13 de Maio (Praça Amadeu Amaral) e que passou a abastecer o bairro do Paraíso e adjacências, ao longo do espigão da Avenida Paulista. Para reforçar o manancial do Ipiranga, foram captados outros córregos e, em fins de 1894, a cidade com 160.000 habitantes - estava sendo com cerca de 27.000.000 de litros diários, ou seja, aproximadamente 310 ℓ/s , o que resultava numa cota "per capita" de 169 ℓ/dia , desde que se suponha toda a população abastecida (V.O. de S. Queiroz, 1964; J.M. de Azevedo Netto, 1976; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1896 a cidade de São Paulo possuía duas redes de esgotos. Assim era que, em sua parte central, a cidade dispunha da antiga canalização realizada pela então extinta Companhia Cantareira; e, na parte, por assim dizer, nova com excessão dos bairros do Brás, Mooca, e de outros, predominava a rede que tinha a denominação de Rede de Santa Cecília (1º Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966). Em 1896 em Belo Horizonte, M.G., constroe uma rede de esgotos e em 1897, em Limeira (S.P.) é executado um sistema de depuração pelo solo, dos efluentes dos Hospitais daquela cidade (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

No ano de 1898 foi completado o aproveitamento dos recursos da Cantareira e Ipiranga; também foram tentadas novas fontes de suprimento, com a captação das águas do rio Tietê, na altura do Belenzinho que, depois de passadas por galeria filtrante eram recalçadas à zona baixa do Braz, chegando a fornecer 6.000.000 ℓ /dia e, o aproveitamento de águas do sub solo, por meio de poços profundos, perfurados à margem do rio Tamanduateí, em local onde hoje se situa o Parque Dom Pedro II, tentativa esta última, sem resultado prático (M. Savelli, 1964; V.O. de S. Queiroz, 1964; J.M. de Azevedo Netto, 1959, 1976, 1978; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Nesse mesmo ano é editado "Saneamento de Santos", primeira publicação de Saturnino de Brito, sobre esgotos. Nos anos seguintes o notável engenheiro brasileiro desenvolveu extraordinária atividade em Engenharia Sanitária, realizando muitas obras e publicando diversos trabalhos. No início do século o Brasil atravessou uma fase de singular progresso na esfera do Saneamento e em 1900 Saturnino de Brito inventou o sistema de esgotamento telehidrodinâmico (brasileiro) e um modelo econômico de tanque flexível (J.M. de Azevedo Netto, 1959).

Em 1901 a Light and Power põe em funcionamento, no curso do Tietê, na usina de Santana de Parnaíba (depois Edgard de Souza) 33 km a juzante de São Paulo, os dois primeiros alternadores de 1.000 kW cada, que viriam iniciar no planalto a era do kW (M. Savelli, 1964; J.M. de Azevedo Netto, 1976). O ano de 1903 foi marcado por longa estiagem e por grave crise de abastecimento, mas só entre 1906-1907 é que se executaram as obras na adutora do Cabuçu com 40 m^3 diários e 15.000 m^3 na estiagem (M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1905 o engenheiro J.P. Rebouças elabora o primeiro Plano para Emprego de Filtros Rápidos em São Paulo (J. M. de Azevedo Netto, 1978). Nesse ano foi criada a Comissão de Obras Novas de Saneamento e Abastecimento de Água de São Paulo, chefiada pelo engenheiro Luiz Betim Paes Leme e a comissão inicia a execução da adutora do Cabuçu, das obras para regularização e armazenamento das águas do rio Cabuçu, dos decantadores dos filtros lentos e da barragem do Barrocada. No plano ainda constava a execução das barragens do Engordador e do Guaraú (P.M. Yoshimoto, 1980).

No ano de 1906 a Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo (R.A.E.) contrata o Dr. Henri Charles Potel (1866-1929) que, em 1907 funda o Laboratório Químico da R.A.E. e nele trabalha em serviços de análises químicas, registrando tudo muito meticulosamente. De 1906 a 1923 o Brasil contou com o Dr. Potel que, além de montar e colocar em funcionamento o laboratório, deixou uma série de manuscritos de vários assuntos como: tratamento de água; controle da poluição (registrando referências interessantes sobre legislação em Paris, Alix-la-Chapelle, Altona, Berlim, Breslau, Charlotemburg, Colonia, Potsdam, Londres, etc.; é preciso lembrar que, na época, pouca gente tinha visão para pensar no controle da poluição); cloração de águas (por esse tempo Potel e outras autoridades no assunto, não viam necessidade de usar cloro nas águas de abastecimento; indicava o uso de ozona, deixando o cloro para situações de calamidade pública); tratamento de resíduos industriais; aplicação e fabricação de sulfato de alumínio; composição química das águas de São Paulo, etc. O Dr. H.C. Potel foi, seguramente, o primeiro a realizar e escrever - no Brasil - trabalhos de hidrobiologia aplicada à Saúde Pública (S.M. Branco, 1964).

Em 1906 o Dr. Jorge Tibiriçá autoriza a regularização das vasões do rio Tietê, constituindo-se em 1908 o reservatório do Guarapiranga com capacidade de 196.000.000 m³ (M. Savelli, 1964). No Rio de Janeiro são construídos, em 1908 a adutora do Xerem, e a da Mantiqueira em 1909 (R.M. da Silva, 1965) e em São Paulo, nesse ano é construído o reservatório do Belenzinho, capaz de armazenar 1.600.000 litros. O ano de 1910 é outra vez ano de crise de água em São Paulo, agora, por causa do acelerado e inesperado crescimento da cidade. Em 1911 a cidade completa o plano de adução do Cabuçu, com a derivação das águas do Barrocada até o aqueduto do Cabuçu, ampliando em 8.000.000 l/dia, o volume da água distribuída (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

No ano de 1911, o senhor José Joaquim de Freitas, fiscal dos rios da capital paulista dá o primeiro "brado de alerta" para as condições do rio Tietê, oficiando ao Prefeito Municipal: "De há muito acompanho paripassu as medidas e providências que a Administração vai esforçadamente tomando ou planejando para saneamento da cidade e bem estar dos seus habitantes. De há muito me arreceio pela poluição do rio Tietê e espero pelo remédio contra esse mal. Mas há dois anos que esse receio se tornou um pavor e hoje sinto necessidade de chamar a atenção do senhor Prefeito para que reclame dos poderes competentes a solução de vida ou de morte para São Paulo. A Municipalidade saneia e embeleza as várzeas do rio. Seria muito triste que esse mesmo rio, um pouco mais abaixo, na vizinhança imediata se tornasse o foco de infecção para a grande cidade. Os fatos que tenho observado e que vão tomando grande vulto são os seguintes: no tempo da seca há no Tietê, em diversos pontos, grandes ilhas de lodo que ficam a descoberto, em ativa fermentação. Veem-se à su-

perfície da lama pútrida, bolhas que se levantam e rebentam, para escapamento de gases; ao sol quente estão em verdadeira efervescência. Essas ilhas vão crescendo e multiplicando-se. É a matéria dos esgotos que a corrente minguada na seca e quase sem velocidade não pode acarretar... Estou convencido de que é esse o problema mais momentoso de São Paulo. E vendo a todo instante as provas da iminência do grande perigo para esta capital, apressome em apresentar-vos essas ligeiras informações" (J.M. de Azevedo Netto, 1976).

Os problemas do Tietê não são, pois novos... há setenta anos ele já preocupava e... a questão continua, e o problema se agrava, se acumula, se agiganta.

Em 1911 é feita a adoção do sistema separador absoluto para São Paulo (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Nesse ano foi completado o plano de adução do Cabuçu, ampliando em 8.000.000 ℓ /dia o volume de água distribuída (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1912, o professor Robert Hottinger, preocupado com a desinfecção de águas por meio de ozona, e mais tarde de cloro, estabelece o processo de deozonização ou decloração, que chamou de Perfector. O excesso desses gases era retirado por meio de uma camada de 20 cm de carvão de cedro, granulado como "arroz", carvão produzido por destilação seca da madeira. Tempos depois foi registrada patente alemã semelhante... (J. Capocchi, 1962).

Em 1912 estavam sendo executadas as obras de canalização do Tamanduateí (S.P.), cujas águas eram usadas para banhos... e, por mais duas décadas o rio ainda seria usado para natação (J.M. de Azevedo Netto, 1964). São Paulo concluiu, então, três reservatórios: Avenida, Vila Mariana e

Água Branca. Implanta-se a primeira etapa da adução do Cotia, tomando-se água da Cachoeira da Graça, cujo aproveitamento tinha sido lembrado desde 1900, e levando-a para a Estação de Tratamento de Água do Alto Cotia, e daí, em linha adutora mista, aquedutos e sifões, até à caixa do Jaguaré e recalçadas até o reservatório do Araçá (J.M. de Azevedo Netto, 1964, 1976; M. Savelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1914 foi construída a primeira Ponte Pensil no Brasil, a de São Vicente, feita por determinação de Saturnino de Brito com o objetivo de servir de sustentação aos coletores de esgotos que, da ilha de São Vicente alcançavam o alto mar na ponta de Itaipús (J.M. de Azevedo Netto, 1981).

Há em São Paulo, em 1914, epidemia de febre tifóide e Emílio Ribas considerou a água o principal fator da epidemia. O professor H. Holtinges construiu, nesse mesmo ano, em seu laboratório na Escola Politécnica, uma célula para produção de soda cáustica e cloro a partir da água do mar (contendo cloreto de sódio e sais de magnésio) e estudou um dispositivo para a introdução gradual desse cloro, na água (J. Cappocchi, 1962).

O Reservatório da Água Branca (alto de Vila Pompéia) S.P., foi concluído em 1915, com capacidade de acumular 5.000.000 de litros, alimentado pelo reservatório do Araçá (V.O. de S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Em 1916 o grande sanitarista brasileiro Saturnino de Brito publica, em Paris, o livro *Tracé Sanitaire des Villes* (J.M. de Azevedo Netto, 1959). São Paulo conclue a construção dos filtros lentos de Cotia em 1917 (J.M. de Azevedo Netto, 1978). Porto Alegre, R.G.S., constroe, em 1920, uma Estação de Tratamento de Esgotos, com a instalação dos pri-

meiros filtros lentos no Brasil, por companhia de Chicago. O brasileiro De Lavaud, em São Paulo, inventa o tubo de ferro centrifugado (J.M. de Azevedo Netto, 1959, 1978). A população da capital paulista atinge 560.000 habitantes e faz-se necessária a construção da segunda etapa da adutora Cotia - Água Branca, passando a receber um volume médio de 156.000.000 ℓ /dia ou seja 1,8 $m^3/s.$, volume esse que sofria grande redução durante as estiagens, uma vez que a adução do Cotia não era regularizada, o que só feito em 1933, com a construção da barragem de Pedro Beicht (V.O. de S. Queiroz, 1964).

Saturnino de Brito, em 1920, alertou as autoridades para o fato que, quando a população de São Paulo atingisse 1,2 milhão de habitantes, o rio Tietê teria, nas épocas de estiagem, 1/4 do seu volume constituído por esgotos! (S.M. Branco, 1976). Dr. Geraldo de Paula Souza, no Relatório do Serviço Sanitário de 1922, do qual era diretor, informa: "Endêmica em São Paulo, a febre tifóide, registram-se ainda surtos epidêmicos como aconteceu a partir de 1895, em 1896-1897, 1914 e 1921. Não é boa a nossa posição em cotejo com a dos grandes centros da Europa e da América". Com grande habilidade ele vence a resistência de alguns membros da R.A.E., que, resolve passar a fazer a desinfecção das águas de São Paulo, com cloro. No ano de 1923 o relatório da Secretaria da Agricultura de São Paulo - a quem estava a R.A.E. subordinada, sugere o aproveitamento das águas do rio Tietê, submetidas a rigoroso tratamento, inclusive desinfecção com cloro. Mas somente em 1927 é feita no Brasil, na cidade de São Paulo, a primeira cloração das águas de abastecimento público (J. Capocchi, 1962; A.B.G. Ferreira, 1966).

Nos anos 20 o sanitarista Saturnino de Brito con-

tou, em uma pesquisa, 106 cidades brasileiras abastecidas, sendo 36 no Estado de São Paulo, 33 no de Minas Gerais, 16 no Rio de Janeiro, 5 no Rio Grande do Sul, mais as capitais dos estados, com exceção das capitais de Goiás, Mato Grosso e Piauí (I.C. Puppi, 1973). Em 1923 ficou concluído o assentamento da segunda linha derivada da caixa do Jaguaré, estando pronto a segunda etapa da adutora paulista de Cotia (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Houve uma grande estiagem em São Paulo em 1925, com a mais séria das crises de falta de água, cujo volume aduzido reduziu-se de 156.000.000 ℓ /dia para 70.000.000 ℓ /dia. Face à crise, resolveu-se o governo dar início às obras do Sistema Rio Claro, afluente formado do Tietê, manancial situado na Serra do Mar, a 80 km de distância da capital e que poderia fornecer, segundo cálculos da época 6 m^3/s (V.O.S. Queiroz, 1964; M. Samelli, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Nesse ano cogita-se da instalação de hidrômetros (Primeiro Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966).

Em 1925 a R.A.E. de São Paulo faz suas primeiras experiências de cloração com hipoclorito de cálcio, das águas do quilômetro 12 da Adutora do Cabuçu, junto ao sifão que passa perto do Córrego do mesmo nome, ponto em que, durante a estiagem funcionava um recalque de emergência. Concluem que "os primeiros dados relativos à cloração das águas, muito animadores, provam a excelência desse processo de purificação da água distribuída, e o seu custo muito reduzido". Informa Paula Souza que a cidade de Itú e uma cidade mineira (da qual não cita o nome) já haviam encomendado cloradores em 1924. São Paulo importa os primeiros cloradores (Wallace & Tiernan). A montagem dos aparelhos cloradores é feita em 1926 por L.W. Payes que muito se impacientou

com a dificuldade de conseguir os materiais para a instalação dos postos de cloração mas, afinal a 22/06/26 toda a água canalizada fornecida a São Paulo ($1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ passa a ser clorada (J. Capocchi, 1962; J.M. de Azevedo Netto, 1971; P. M. Yoshimoto et alii, 1980)).

Em 1926 iniciam-se as obras do reservatório de distribuição da Mooca com capacidade de 72.000.000 de litros destinado a receber as águas do Rio Claro e as do reservatório da Lapa, para 26.000.000 de litros de água. Em 1927 a Comissão de Saneamento da Capital couberam os trabalhos de adução e à R.A.E. os de distribuição. Esses trabalhos eram da competência da Comissão de Obras Novas que foi extinta (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1927 por sugestão do Senador Carlos Botelho, pelo do projeto hidrelétrico da Serra do Mar, através da Light and Power as águas do Guarapiranga, S.P., vão passar a ter novo destino: ao invés de acionar as turbinas da Central Edgard de Souza, impelirão as de Cubatão (M. Savelli, 1964). Nessa época há, em São Paulo, 75.370 prédios ligados à rede de esgotos e 50.403 ligados à rede de águas; em 1928 mais 4.417 prédios são ligados à rede de esgotos (1º Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966). Em 1928 São Paulo constrói os filtros rápidos Reisert para adução de Santo Amaro (J.M. de Azevedo Netto, 1978).

Amplia-se em São Paulo a vazão de água na adutora do Cabuçu por intermédio de uma bomba no km 12 da tubulação que injetava um volume suplementar de 10.000.000 ℓ/dia . Em 1929 é inaugurada a primeira adutora do Guarapiranga, com capacidade de aduzir $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ou 86.400.000 ℓ/dia . O sistema Guarapiranga consistia do seguinte conjunto de obras: captação, recalque de água bruta até a Estação de Tratamento de

Água do Alto da Boa Vista, adução até a Estação Elevatória da Rua França Pinto, no sopé do espigão da Av. Paulista de onde a água era recalçada para o reservatório de Vila Mariana. Concluídas as perfurações de uma bateria de poços profundos, na várzea do Rio Tietê, em terreno do Reformatório Modelo para a obtenção de 30.000.000 ℓ /dia de águas subterâneas, bem como as obras complementares para adução aos reservatórios da Penha e Belenzinho. A vazão produzida não corresponde às expectativas do projeto (V.O.S. Queiroz, 1964; 1º Simpósio de Engenharia Sanitária, 1966; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Constroe-se em 1932 a Estação Experimental de Tratamento de Esgotos da Ponte Pequena, por J.P. de Jesus Netto, com lodos ativados, digestão e aproveitamento de gás em motor a explosão (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Nesse mesmo ano R. Hottinger publica no Anuário da Escola Politécnica um trabalho intitulado "A Água" no qual aborda o mecanismo de ação do cloro. Em 1933 é fundada no Brasil a primeira fábrica de soda cáustica e cloro eletrolíticos. Em 1933 a cidade do Rio de Janeiro inicia a cloração de suas águas (J. Capocchi, 1962). Recife inicia em 1933 o sistema de cloração de suas águas (A.B.G. Ferreira, 1966). Em 1933 São Paulo conclue a barragem de Pedro Beicht, regularizando as descargas do Rio Cotia em 90.000.000 ℓ /dia, e em 1934 são reiniciadas as obras do Rio Claro, além do km 56, pela R.A.E. (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1937 ao mesmo tempo que eram executadas as obras do Rio Claro também prosseguiram as de Santo Amaro e ante a grave deficiência do abastecimento e, aproveitando-se parte da adutora já concluída, foi feita a adução de emergência, do ribeirão Vargem Grande, no ponto de cruzamento

com a tubulação, injetando 19.000.000 ℓ /dia ou seja 215 ℓ /seg de água "in natura" somente esterilizada com cloro antes de sua entrega para consumo. Em fins de 78 com a entrada em funcionamento de parte da estação elevatória do km 78, foi aumentada a adução do Rio Claro de 48.000.000 ℓ /dia e, retirada do abastecimento, a instalação de emergência de Vargem Grande, passando a 285.000.000 ℓ /dia, ou seja, 3,3 m^3 /seg, o fornecimento de água à cidade, volume esse que poderia se reduzir a 3,1 m^3 /seg em épocas de estiagem. Ao fim de 1939 estava concluída a instalação da estação do km 78 que recalrava 3,3 m^3 /seg e toda a água passava a ser tratada quimicamente na Estação de Tratamento de Casa Grande, cuja primeira etapa estava concluída. O volume total médio, com possibilidade de ser aduzido à capital passou para 323.000.000 ℓ /dia ou seja próximo a 3,7 m^3 /seg com redução para 3,5 m^3 /seg na estiagem. Nessa ocasião foram postos fora de serviço os poços profundos do Belenzinho, cujo volume, diminuindo constantemente, tornou oneroso seu aproveitamento (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto, 1980).

Em 1937 é construída a Estação Experimental de Tratamento de Esgotos do Ipiranga, por J.P. de Jesus Netto, com decantadores equipados com removedores mecânicos, digestores, etc. (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Em 1936 a imprensa de São Paulo aventa a hipótese do cloro estar causando úlceras intestinais e o governo estadual nomeia então uma comissão de três eminentes professores universitários para investigar as condições em que era feito o tratamento das águas e a referida comissão concluiu "que o tratamento da água fornecida à população, tal como é atualmente feito em São Paulo, está de acordo com os métodos universalmente adotados e o sistema de fiscalização e controle está organiza-

sobras da Penha ficou pronto em 1942 com capacidade de armazenar 16.000.000 de litros e torres da Penha, Mooca e Santana. Foi também elaborado um Plano Geral de Abastecimento com horizonte de projetos de 30 anos (P.M. Yoshimoto et alii, 1982).

Face à Guerra Mundial a R.A.E. tomou algumas providências drásticas como: criar restrições tanto quanto possível, com respeito a novos prolongamentos das redes distribuidoras; adução de maior contingente possível de água da adutora ao Rio Claro para o reservatório da Consolação; construção de novas sub-adutoras; colocação de hidrômetros em todos os setores tributários da adutora do Cotia (1º Simpósio de Engenharia, 1966).

Em 1947 as Indústrias Eletrocloro começam a fabricar hipocloritos em Ribeirão Pires, São Paulo e em 1949 elas iniciam a venda, em cilindros de aço, de cloro liquefeito. As Indústrias Matarazzo começam a fabricar soda eletrolítica e cloro, empregando células de mercúrio! (J. Capocchi, 1962).

Em 1948 têm início as obras da Nova Adutora do Guarapiranga e em 1952 inicia-se a construção da barragem de Ribeirão do Campo, do sistema produtor do Rio Claro. Em 1953 terminam as obras da segunda etapa para o aproveitamento do Guarapiranga (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

A lei nº 2182 de 23/07/1953 cria, em São Paulo, o Conselho Estadual de Controle da Poluição das Águas (J.M. de Azevedo Netto, 1959). Em 1954 constroeu-se a segunda adutora do Guarapiranga, em 1956 a terceira e em 1957 a quarta, passando o Guarapiranga a suprir 52,5% do consumo (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980). Em 1957 é assinado convênio com a Light para retirada de mais $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ do

Reservatório do Guarapiranga, totalizando $5 \text{ m}^3/\text{s}$ de água disponível (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

O precário sistema de decantação e filtragem construído em São Paulo junto à tomada d'água do Cabuçú deixou de ser usado e, na parte terminal da adutora em Santana foi construída, em 1954 uma completa Estação de Tratamento, para 500 l/s . A barragem do Cabuçú fora construída em 1907 e não dava vazão para armazenar volume suficiente mesmo com a contribuição do Engordador. As águas à jusante do Cabuçú estão muito poluídas por isso as bombas do km 12 estão fora de uso, o que reduz ainda mais a água, especialmente em época de estiagem. O mesmo acontece com as águas do Barrocada que não são mais aduzidas porque a auto-estrada Fernão Dias corta a bacia daquele pequeno manancial prejudicando seu uso. Por outro lado, são introduzidas pequenas melhorias no conjunto Cantareira: os filtros do Guaraú já não operam, por razões de ordem técnica. As bombas do Engordados está fora de uso e as águas da represa são levadas à adutora do Cabuçú, por tubulação de ferro fundido com vazão de 70 l/seg . As águas da ala direita do Guaraú têm vazão de 100 a 250 l/s ; as da ala esquerda com 60 a 120 l/seg ; os tanques de acumulação da Cantareira - alimentados por pequenos córregos dão 30 l/seg . Não há obras para regularização de vazão, os volumes fornecidos pela Cantareira são função da vazão instantânea do grande número de córregos que a compõem, oscilando entre 200 e 400 l/s (V.O.S. Queiroz, 1964).

Escasseiam os recursos financeiros e o governo paraliza as obras de saneamento em 1954; o novo governo as reinicia em 1955 mas em início de 1956 há grave ameaça para o abastecimento de São Paulo e o governo cria no Departamento de Águas e Esgotos (DAE) a Comissão Especial de Obras No

vas CEON, que fica incumbida de dar prosseguimento às obras do Sistema Guarapiranga compreendendo adução, tratamento e distribuição de mais de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1955 o Rio de Janeiro inicia o tratamento de água, em Guandu. São Paulo estabelece em 1958 os seus padrões de potabilidade (J.M. de Azevedo Netto, 1978).

Em 1957 entra em funcionamento em São Paulo a primeira etapa da nova Estação de Tratamento de Água do Alto da Boa Vista com capacidade para tratar $2 \text{ m}^3/\text{seg}$. Na Estação de Tratamento Professor Teodoro Ramos foi posto em funcionamento o Accelerator para acelerar a decantação das impurezas da água o que melhorou as condições da antiga estação que, tendo desde 1953 capacidade aumentada de um para $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, não apresentava uma satisfatória decantação. Nesse mesmo ano foi concluída a segunda linha de gravidade que vai do alto da Boa Vista à Estação Elevatória do Jardim Paulista, e São Paulo passa a ter aproximadamente $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em agosto de 1958 foi assinado convênio entre a Light e o governo do Estado de São Paulo, ratificando entendimentos anteriores pelo qual o DAE ficou autorizado a derivar daquela represa $9,5 \text{ m}^3/\text{seg}$, volume esse que representa a vazão média anual regularizada no Manancial. Nesse ano foram concluídas as obras necessárias para a adução de mais $1 \text{ m}^3/\text{s}$, retirado do Guarapiranga, passando a fornecer o volume de 345.600.000 ℓ/dia de água para o abastecimento e para a distribuição foram completadas: Estação Elevatória do setor Jabaquara - Indianópolis; Linha de recalque Alto da Boa Vista - Jabaquara; Reservatórios do Jabaquara, do Sacoman, do Ipiranga, da Lapa e da Casa Verde; Torres do Ipiranga e do

Jabaquara; sub-adutoras Jabaquara - Sacoman, do Ipiranga, Vila América - Lapa; parte da Lapa - Freguesia do Ó; parte da Consolação - Casa Verde. Também ficaram concluídas a Estação de Tratamento no Monte Botuguru, às margens da Via Anchieta com capacidade de tratar 50.000.000 de ℓ /dia; recalque da torre e Reservatório de Vila Maria com 12.000 m^3 de capacidade, no sistema Rio Claro; torre de Vila Romana com capacidade de 300 m^3 , sistema Cotia; concluída a primeira etapa das obras de captação e adução de águas do Reservatório Billings destinadas a abastecer os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto, 1980).

O DAE convidou o hidrobiologista C. Mervin Palmer para vir dos Estados Unidos para o Brasil, em 1959, por três meses, com o objetivo de realizar um estudo das águas nas represas Billings, Guarapiranga e em outros mananciais de abastecimento público de água na área de São Paulo. O Dr. Palmer também foi solicitado a opinar a respeito do significado das algas potencialmente tóxicas (*Microcystis* e *Anabaena* por ex.) existentes na represa Billings e a orientar a respeito de métodos de prevenção e controle de problemas causados por algas (S.M. Branco, 1960).

Ainda em 1959 em São Paulo visando ampliar a distribuição de águas provenientes do Guarapiranga, além dos 4 m^3 /s, de acordo com o Termo de Referência celebrado com a Light, foram executadas varias obras e no ano de 1960 foram também concluídas obras que possibilitaram a distribuição do incremento de águas do Guarapiranga. Tem início novas obras para retirar mais 4,5 m^3 /s do manancial Guarapiranga. No ano de 1961 foi assentada a adutora de Itaquera, para veicular as águas do Rio Claro. São instalados o 6º e 7º

grupos de recalque, a estação de Sacoman e os reservatórios de Vila Mascote e Chácara Flora, possibilitando a retirada de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ do Guarapiranga (V.O.S. Queiroz, 1964; P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em Vila Rica, no ano de 1962 foram feitas chanfras nas paredes do Museu da Inconfidência com o objetivo de exibir as manilhas de pedra sabão manufaturadas em 1785 (J. Capocchi, 1962).

Prosseguem em São Paulo, em 1962, as obras da terceira etapa do Guarapiranga, e ficam prontos os Reservatórios da Praça Amadeu Amaral e Freguesia do Ó, Torre da Freguesia do Ó, e os grupos do 8º e 9º de recalque para $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Em 1963, para reforçar o abastecimento de água, foi posto em funcionamento o Sistema Baixo Cotia fornecendo cerca de 100 l/s , captados do Reservatório Isolina. Foram concluídas várias obras do sistema Guarapiranga, inclusive a Estação Elevatória Casa Verde (Vila Nova Cachoeirinha) e Reservatório de Vila do Encontro (Cidade Vargas). Em 1964 a CEON iniciou estudos visando o aproveitamento das águas do Rio Juqueri. Junto ao Reservatório de Vila Maria foi construída a Estação Elevatória para Vila Medeiros, parte do sistema adutor do Rio Claro. Integrando o Sistema de Abastecimento do Guarapiranga são concluídas obras como o Reservatório e Torre Vila Nova Cachoeirinha; Estação Elevatória Jabaquara - Chácara Flora, e 7a. linha de recalque do Guarapiranga (P.M. Yoshimoto et alii, 1980).

Em 1966 existia na capital paulista 2.260 km de rede de esgotos com 253.480 ligações domiciliares servindo apenas 30% da população. Naturalmente a cidade precisa de água e esgotos urgentemente. Por vários motivos alguns, talvez, questionáveis - falta saneamento básico na maior cida-

de brasileira, do nosso mais rico estado! Um dos motivos citado freqüentemente como responsável pela falta de esgotos, são as estimativas populacionais - sempre aquêm da realidade. A Comissão de Transportes Coletivos, da qual era presidente o engenheiro Plínio Branco, a RAE (DAE) e a firma Greeley e Hansen fizeram projeções e estimativas populacionais... e erraram. Em 1934 a RAE e a C.T.C. por logística e progressão geométrica previram que São Paulo teria em 1950 entre 1.900.000 e 2.000.000 de habitantes; em 1965 teria 3.100.000 a 3.500.000; em 1975 teria de 3.900.000 a 4.000.000 e no ano 2.000 teria entre 5.000.000 e 6.200.000... A firma Greeley and Hansen, no ano de 1953 previu os mesmos índices já previstos pela RAE e CTC! (1º Seminário de Engenharia Sanitária, 1966).

Os prognósticos falharam pois o crescimento de São Paulo fugiu às normas... e, evidentemente esses dados calculados para menos, atrapalharam - de certo modo - as previsões para água, esgoto e transporte de São Paulo. Mas, não se pode culpar os erros dos prognósticos estatísticos, pela falta de saneamento básico em São Paulo.

Em 1966 São Paulo só possuía uma Estação de Tratamento de Esgotos, em Vila Leopoldina, tratando um volume correspondente a 50% da vazão de esgotos coletados (1º Seminário de Engenharia Sanitária, 1966). Em 1966 São Paulo dá início às obras do inicialmente chamado Sistema Juqueri, que depois passou a se chamar Sistema Cantareira, com aproveitamento de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ na primeira etapa. Em 1969 o Brasil, pela primeira vez aplica o filtro russo (fluxo ascendente) por Bernardo Grinplastch e nesse mesmo ano desenvolve-se a super-filtração. Entra em funcionamento a maior Estação de Tratamento de Água do País, a do Guaraú, que pertence ao Siste

ma Cantareira (J.M. de Azevedo Netto, 1978).

Campinas projeta a primeira estação brasileira de Tratamento de Água, com filtros de dupla camada, em 1968, mesmo ano em que é fundada em São Paulo o Centro Tecnológico de Saneamento Básico CETESB (hoje Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Na verdade, o antigo DAE precisava expandir-se e, de seu Laboratório Central surgiu a CETESB. A Companhia Metropolitana de Água de São Paulo (COMASP) e a Superintendência de Águas e Esgotos da Capital (SAEC) nasceram das antigas Divisões de Captação e Tratamento de Esgotos. Em 1973 o Governo do Estado nomeou uma Comissão para promover estudos e propor medidas referentes à unificação das Entidades de Saneamento do Governo do Estado de São Paulo. O Centro Tecnológico de Saneamento Básico passou a se chamar Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas (CETESB). Da fusão da COMPASP e SAEC (anteriormente fundadas) mais a Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo SANESP, mais a totalidade do patrimônio da Superintendência de Água e Esgotos da Capital (SAEC) e parte dos patrimônios: da Companhia de Saneamento da Baixada Santista SBS; Companhia Regional de Água e Esgotos do Vale do Paraíba (SANEVALE) e do Fomento Estadual de Saneamento Básico (FESB) - nasceu a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Ambas são sociedades por ações. À SABESP cabe planejar, executar e operar os serviços públicos de saneamento básico em todo o território do Estado de São Paulo (respeitada a autonomia dos municípios).*****

***** Comunicação pessoal com Prof. Dr. Samuel Murgel Branco, da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e da Faculdade de Engenharia Mauá, São Paulo.

Por volta de 1973, das cidades brasileiras com mais de 10.000 habitantes, cerca de 400 possuíam sistemas de canalização de água potável e algumas dezenas apenas, sem o benefício. Metade daquelas pequenas cidades com população a cima de 2.000 habitantes (e que são a grande maioria) possuía serviços de água. Das sedes municipais com menos de 2.000 habitantes, uma terça parte é suprida com água canalizada. Das cidades abastecidas - cerca de 2.000 - 34% retiravam suas águas de cursos superficiais; cerca de 33% se supriam de nascentes ou fontes naturais; 28% utilizavam aquíferos artesianos e o remanescente usava lagos. Algumas cidades retiravam água de mais de uma espécie de manancial, de superfície e do sub solo. Cerca de 29% das cidades recebia água com tratamento potabilizador. 6.770 não possuía qualquer processo de tratamento, particularmente em se tratando de águas subterrâneas. Em 5% das localidades apenas se fazia desinfecção, geralmente com cloro (I.C. Puppi, 1973).

O Ministério da Saúde em outubro de 1978 pela Portaria nº 443/Bsb aprovou as normas que estabelecem os mínimos requisitos sanitários a serem obedecidos no Projecto, Construção, Operação e Manutenção dos serviços de abastecimento público de água para consumo humano, com a finalidade de obter e manter a potabilidade da água. Essas normas dispõem sobre a proteção sanitária dos mananciais, dos serviços de abastecimento público e o controle da qualidade dessa água e das instalações prediais (W.E. de Oliveira, 1978).

Atualmente 95% da capital de São Paulo, e 90% da região Metropolitana, encontra-se abastecida por rede de água.

A Grande São Paulo possui hoje 14.712.591 m de rede, com 1.462.887 ligações de água, abastecendo uma popula-

ção de 8.370.000 habitantes, que recebem 33,75 m³/s numa média de 270/ℓ/dia/habitante.

Sistemas produtores da Região Metropolitana de São Paulo:

Cantareira	15,72 m ³ /s
Guarapiranga	9,69 m ³ /s
Rio Claro	3,16 m ³ /s
Rio Grande	3,73 m ³ /s
Alto Cotia	0,74 m ³ /s
Baixo Cotia	0,34 m ³ /s
Ribeirão da Estiva	0,10 m ³ /s

Represas formadoras:

Jaguari/Jacareí
Cachoeira
Atibaína
Paira Castro
Águas Claras
Guarapiranga
Capivari
Rio Grande
Ribeirão do Campo
Pedro Beicht
Cabuçu
Tanque Grande

A capital de São Paulo tem 49% de sua população servida por rede de esgotos e a região Metropolitana tem 44%, através de 6.898.698 m de rede de esgotos, com 669.428 ligações, atendendo 4.365.000 habitantes.

Dos 571 municípios do estado de São Paulo, 292 são atendidos pela SABESP; os demais possuem Serviços Autônomos

de Água e Esgotos ou Autarquias, ambos sempre subordinados às Prefeituras Municipais.

2.3.2.1.1- Água em São Carlos

A cidade de São Carlos foi fundada em novembro de 1857, mas só em 1889 teve seu primeiro chafariz para servir à população. Até então usava-se água de poço e, consta que em 1860 quando da chegada do padre português Joaquim Botelho da Fonseca, este descobriu a fonte outrora conhecida por "Biquinha do Padre", situada na rua José Bonifácio esquina da Sete de Setembro - local onde hoje se encontra o nosso Teatro Municipal. Pois o Padre Joaquim descobriu a Biquinha, com águas frescas e cristalinas, e passou a usá-las, fazendo segredo de sua descoberta. Mas o povo logo a descobriu e inúmeras famílias mandavam seus criados buscar água na Biquinha, com potes e barrís (O.C. Damiano, 1955).

Essas águas se originam do lençol freático situado acima da camada de basalto, no local onde hoje se encontra o Palco do Teatro Municipal Dr. Alderico Vieira Perdigão, construído em 1955, e que tem agora as águas da biquinha canalizadas sob o prédio.

Não eram só os criados que iam à Biquinha com seus potes buscar água, "na biquinha banhavam-se os apreciadores dos choques d'água fria, e entre seus frequentadores figuravam muitos homens de destaque de São Carlos de outrora e como o banho era ao ar livre, tornava-se preciso, para frequentar, ser grande madrugador para fugir aos olhares indiscretos das muitas lavadeiras que em horas matinares ali se reuniam para os seus mistéres" (T.L. de Almeida Camargo, Almanach Annuário de São Carlos, 1927, apud Contribuição ao Estudo dos Serviços Públicos em São Carlos; O.C. Damiano,

1955).

Em 1890 foi construído um chafariz nas imediações da nascente e logo outros mais, nas ruas Carvalho (hoje Padre Joaquim Botelho da Fonseca) entre 13 de Maio e Jesuíno de Arruda, outro na rua General Osório esquina da Uruguaiana (atual 9 de Julho) e outro mais na General Osório entre Avenida São Carlos e rua Dona Alexandrina (O.C. Damiano, 1955). Na rua Geminiano Costa, quase esquina da rua São Joaquim foi construído um bebedouro para animais, bebedouro esse que hoje se encontra no Museu Cerqueira Cesar.

Data de 1911 a captação das águas do Valinhos, na Vila Neri. As bombas eram movidas a vapor (de lenha) e levavam as águas para o reservatório de Vila Neri, com mais ou menos 1.500 metros de tubos de dez polegadas, importados da França, marca De Gremon Rain, tubos esses muito espessos, difíceis de serem perfurados. O sistema Valinhos possui ainda parte em funcionamento e foi formado por um conjunto de represas que, por gravidade, levam água até o recalque existente na ponte leste da cidade, próximo à rodovia Washington Luiz. É formado dos seguintes aquíferos: Córrego do Valinhos, Represa E (do Jatobá), Represa A ou Ponte de Tabua, Represa B ou Funda. Apenas parte da população da cidade se beneficiou desse represamento, de modo geral os moradores do centro da cidade, pessoas de escol, e a água por especial deferência era levada até à Vila Prado, em casa do Major José Ignácio (onde hoje está o Colégio Diocesano).

Quando entre 1910 e 1911 foi instalada a Companhia de Força e Luz de São Carlos, esta possuía superávit de energia elétrica e a companhia pretendeu que a Prefeitura consumisse em bombas elétricas em Valinhos. Mas a Prefeitura dispunha de muita lenha e não lhe convinha dispende di-

nheiro com energia elétrica... A companhia de energia se pro
pôs então, por sua própria conta, substituir as bombas a va
por por bombas elétricas, construir a casa de bombas e a do
zelador e dar manutenção a todos os sistemas. Em 1913 foram
retiradas as velhas caldeiras (as quais foram vendida\$ a
uma fábrica de cola) e a chaminé das caldeiras (que foram
vendidas a Indústria Facchina, de adubos). Por força de con
trato a Prefeitura até só pagava a energia - tudo o mais era
de responsabilidade da Companhia de Energia Elétrica.*****

Em 1917 foi oficialmente inaugurado o Manancial do
Espraiado, com captação de águas de fontes próximas do re-
calque, bombeadas até o Cemitério para onde eram conduzidas
por canalizações de tijolos. Daí então, já em tubos de
ferro fundido e por gravidade, as águas eram levadas até o
reservatório da Estação de Águas em Vila Pureza. Esse reser
vatório agora é usado na ETA de São Carlos como reservatório
de águas tratadas.

Por volta de 1950 a cidade havia crescido muito e
era grande seu parque industrial e o então Prefeito Prof.
Luiz Augusto de Oliveira, fez executar uma obra de captação
junto a um pequeno represamento situado no córrego do Monjol
inho, próximo a estrada carroçável do Canchim, cujas águas
eram recalçadas para os tanques do Espraiado, aumentando as
sim sua capacidade.

Ainda em 1950 foi inaugurado o primeiro Poço Arte
siano, na Avenida São Carlos, no bairro Jardim São Carlos
(Contribuição ao Estudo dos Serviços Públicos em São Carlos,

*****Comunicação pessoal com o Senhor José Ferraz, antigo
funcionário da Prefeitura Municipal, responsável pe-
los Serviços de Água.

1968).

Por volta de 1957 pensou-se em fazer um projeto que servisse a cidade por 25 anos, captando águas do córrego do Monjolinho e a construção da Estação de Tratamento de Águas. Foram contratados os serviços dos Engenheiro José Poloco e mais tarde os da firma Saneamento cujo diretor era Haroldo Gessler, e os engenheiros Dr. José Sauro Bartolomei e Dr. Carlos Manfrini, todos professores da Escola Politécnica da USP e da Universidade Mackenzie. Os serviços foram concluídos em 1960.

Em 1958 tem início o serviço de desinfecção das águas com cloro; sem dúvida um grande passo pela Saúde Pública.

Em 1962 começa a captação do Córrego do Galdino situado na parte norte da cidade, com 1.400 m de tubulações feitas com material de segunda mão, gerando 60 ℓ/s .

Em 1968 o recalque é 180 ℓ/s .

Em 1970 são feitos serviços de ampliação e tem início a captação do Ribeirão do Feijão, utilizando 17 km de tubos de ferro revestidos, de 24 polegadas de diâmetro, com seis conjuntos gerando 84 ℓ/s cada um (e mais um de reserva). Atualmente funcionam quatro desses conjuntos.

Em 1971 foi perfurado o Poço da CICA que produz 110.000 ℓ/h , com 72 metros de profundidade. Essa água é decantada e injetada na rede para abastecer a parte baixa durante o dia, quando o consumo é grande, e à noite essas águas retomam pela rede e vai ao depósito da Estação para ser redistribuída.

Atualmente a cidade de São Carlos utiliza basicamente três mananciais superficiais (Ribeirão do Feijão, Córrego do Espriado e Córrego do Galdino).

Captação do Ribeirão do Feijão: A bacia do Ribeirão do Feijão abrange uma área externa ao limite urbano, portanto relativamente protegida no que se refere à poluição por esgotos sanitários. Essa bacia localiza-se ao sul da cidade de São Carlos. A vazão máxima do Ribeirão Feijão, na seção onde é feita a tomada de água, foi estimada em 10.000 ℓ/s e a mínima em 2.000 ℓ/s . A captação de água desse manancial fica relativamente distante do limite urbano de São Carlos, cerca de 138 km, sendo que a linha de adução até a ETA apresenta comprimento da ordem de 16,7 km e um desnível geométrico entre as suas extremidades, aproximadamente igual a 160,0 m.

Captação do Córrego do Espraiado (Monjolinho): Este curso d'água (monjolinho) nasce nas proximidades de São Carlos, na direção Nordeste, permanecendo paralelo à Rodovia Washington Luiz até o cruzamento da mesma com a Rodovia São Carlos - Ribeirão Preto. Nesse ponto o referido córrego toma a direção Sudoeste, cruzando a Rodovia Washington Luiz, para, em seguida se estender dentro dos limites da cidade de São Carlos, até seu cruzamento com o Córrego do Gregório.

Próximo às instalações de captação existe uma mina (Espraiado), cujas águas representam um reforço da ordem de 30 ℓ/s . A vazão mínima do manancial nesse ponto, foi estimada em 500 ℓ/s . Em pontos localizados a jusante da captação, dentro da área urbana, esse córrego recebe contribuição de esgotos sanitários "in natura".

Atualmente esse manancial contribui para o abastecimento da cidade de São Carlos, com uma vazão igual a 180 ℓ/s . As instalações de captação situam-se a 4,5 km da ETA.

Captação do Córrego Santa Maria do Leme (Galdino)
O Córrego de Santa Maria do Leme forma-se externamente ao li

mite urbano, a Noroeste da cidade de São Carlos, atravessa a Rodovia Washington Luiz, no trecho São Carlos - Ibatê e entra na cidade pela região próxima no bairro Jardim Santa Paula, constituindo-se num afluente do Córrego do Monjolinho, ainda nos limites desse bairro. Atualmente, a vazão utilizada para o abastecimento de São Carlos é igual a 40 ℓ/s . As obras da captação situam-se aproximadamente a 300 metros da junção desse córrego com o Córrego do Monjolinho.

A atual capacidade da ETA é de 480 ℓ/s e estão sendo tratados 460 ℓ/s . A etapa final prevê ampliação para 720 ℓ/s , cujo acréscimo de vazão será aduzido do Ribeirão do Feijão. Atualmente a ETA trata 40.000 m^3 /dia de água; quando cai o consumo temos 36.000 m^3 /dia, fornecendo 300 ℓ /dia/habitante.

São Carlos em 1900 teve construído, na parte central da cidade, a primeira rede de esgotos.

Tem São Carlos, em 1915, o privilégio de ter sido uma das primeiras cidades brasileiras a possuir uma Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, hoje abandonada.

O princípio de funcionamento dos esgotos de São Carlos eram mais ou menos similares aos filtros biológicos. Foi construído no Jardim São Carlos, na Marginal do Córrego do Gregório.

Os tanques para tratamento dos esgotos, em número de sete, dos quais três compunham uma unidade, e os outros quatro, ligados dois a dois, compunham outros dois sistemas. Os tanques possuíam, na parte média, muralha de pedras simplesmente amontoadas. Também nas saídas os tanques possuíam pedras. Através das pedras fluía o efluente provindo do esgoto da cidade, entrando em contacto com um meio biológico (na interface das pedras) onde se iniciava um processo fer-

mentativo. Uma vez cheios, os tanques eram fechados e o efluente passava para outro sistema.

O resíduo ficava cerca de 8 dias, para sofrer a digestão sendo então removido, posto a secar e transformado em fertilizante.

Em 1938 o processo foi abandonado por julgarem o processo pouco eficiente, e porque a capacidade dos tanques já não atendia a vazão proveniente da cidade. Ademais, disseram, o odor era forte e havia muitos insetos, além de ser difícil conseguir funcionários para fazer a limpeza. Contam que os funcionários se demitiam quando eram escalados para limpar os tanques, ou exigiam muita "cachaça" para conseguirem fazer a limpeza...

Atualmente há três emissários de esgotos: um que leva os esgotos da parte central (que antes eram conduzidos aos filtros) diretamente no córrego do Gregório; outro que leva os esgotos da zona norte para o córrego do Monjolinho e finalmente o coletor dos bairros da zona sul que lança os esgotos no córrego do Monjolinho.*****

A história da utilização da água, aqui resumida, demonstra que - no abastecimento de água potável - as preocupações com a sua qualidade, foram se tornando cada vez mais indissociáveis da quantidade. Dois fatores principais concorreram, historicamente, para a piora da qualidade sanitária das águas: primeiro a concentração crescente de populações em torno de rios que continuam tendo sempre as mesmas

*****Comunicação pessoal com o Senhor José Ferraz, antigo funcionário municipal, responsável pelos serviços de Água e Esgoto de São Carlos.

vazões; segundo o sistema de abastecimento contínuo das moradias (substituindo o chafariz e a lata d'água) que gera uma vazão também contínua de águas servidas - o esgoto -, as quais têm um destino natural; o mesmo rio que supre a comunidade.

Mais recentemente, um novo problema (ou uma nova causa de problemas) se acrescenta: a necessidade de captação de volumes constantes e cada vez maiores de água, obrigou ao represamento dos rios: as represas, com características de lagos, oferecem condições muito mais favoráveis à proliferação de vegetais aquáticos (algas e macrófitas), dada sua maior turbulência, maior transparência, maior tempo de detenção. Esses fatos, associados à fertilização progressiva proporcionada pelos próprios esgotos (a cada dia mais ricos em detergentes com fósforo) e pela aplicação cada vez mais intensa de fertilizantes sintéticos (solúveis e facilmente transportados pelas águas de escoamento superficial), originaram toda uma série de problemas antes desconhecidos (ou negligenciáveis) resultantes, não da presença de seres patogênicos diretamente conduzidos pelos esgotos mas, de seres aquáticos em crescimento explosivo, "canceroso", característico de um processo de desequilíbrio ecológico causado pelos esgotos e outros resíduos, inclusive águas de chuvas correndo sobre solos desmatados. Esse processo é a Eutrofização.

2.4- Causas da Eutrofização

Essa proliferação brutal de vegetais plantônicos caracteriza a presença de um alto teor de nutrientes e revela a existência de fatores outros como luz e temperatura, o xigênio dissolvido, gás carbônico, etc.

Segundo B.H. Ketchum et alii, 1958, foi Brandt quem entre 1899-1902, primeiro sugeriu que a produção de fitoplancton em águas naturais deveria ser dependente das quantidades de nitrato e fosfatos disponíveis (apud E.M. Moraes, 1978). Mas foi somente nestes últimos 15 anos que pesquisadores europeus e norte americanos desenvolveram estudos sobre as relações quantitativas entre cargas de nutrientes de lagos e represas e qualidade de suas águas, especialmente seus estados tróficos; mas de climas frios e temperados. O Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) realizaram em 1981 um Encontro Técnico sobre Metodologias Simplificadas para Estudos de Eutrofização em Lagos Tropicais, no qual sugeriram que sejam intensificados os estudos de lagos tropicais com o objetivo de se fazer a adaptação da metodologia desenvolvida para lagos temperados a lagos tropicais.

Os modelos de produtividade em função de concentrações de nutrientes (especialmente Nitrogênio e Fósforo) de J.H. Steebe, 1962, e G.A. Riley, 1973 têm tido muito sucesso na previsão de populações e produtividade em determinadas regiões do oceano e de lagos (apud E.M. Moraes, 1978).

Através de estudos realizados entre 1969 e 1975 H.L. Golterman, estabelece equações de crescimento de fitoplancton em função de nutrientes (H.L. Golterman, 1975).

Em 1977 R.V. Thoman fez uma exaustiva análise e criou um modelo simplificado para a relação entre fósforo e fitoplancton. S.C. Chapra, 1975; P.J. Dillon e F.H. Rigler, 1975 propõe relacionar o fósforo total com a concentração de fósforo nos lagos temperados, na primavera (apud W.A. Castagnino, 1982).

R.A. Vollenweider, 1976, cria uma equação baseada em um balanço de massas.

Essa equação de Vollenweider e as demais equações e expressões são fruto de estatísticas e gráficos para lagos temperados e sua aplicação a lagos tropicais deve ser testada, talvez modificada, antes de serem aplicadas a lagos tropicais (W.A. Castagnino, 1982).

Para a síntese das moléculas de compostos orgânicos complexos, além do carbono que retiram do gás carbônico e do oxigênio e hidrogênio que obtêm da água, os organismos autótrofos necessitam de vários outros elementos como Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Magnésio, Cálcio, Potássio e Ferro, além de muitos outros ditos micronutrientes por serem exigidos pelo fitoplâncton em quantidade menor que aqueles elementos chamados macronutrientes e que geralmente estão no ambiente em forma de sais minerais (S.M. Branco, 1960, 1969, 1978).

2.4.1- Os Sais Minerais

Os organismos vegetais têm necessidade de Nitrogênio para a síntese de seus protídeos, de fósforo para seus "ose" - fosfatos e diversos catalisadores da fotossíntese e sobretudo de oligo - elementos que entram na constituição de certas moléculas essenciais (clorofilas) ou necessárias (pontes intermoleculares) de onde o seu papel não estar ainda bem caracterizado no metabolismo (ferro, manganês, cálcio, magnésio, zinco, estrôncio, galio, vanádio, cobalto, molibidênio, etc) (B. Dussart, 1966).

Segundo G.W. Prescott, 1969, o Nitrogênio é essencial na síntese de proteínas e ácidos nucleicos de células

vegetais, e a maior parte das algas apresenta um conteúdo proteico relativamente alto, muitas vezes ultrapassando 50% de seu peso seco (apud H.L. Golterman, 1975). A síntese de clorofila cessa rapidamente se há deficiência de um adequado suprimento de Nitrogênio (P.S. Welch, 1952).

O fósforo, sob a forma de sais de ácido fosfórico (fosfatos), tem um importante papel na produção primária pois, uma vez assimilado, participa ativamente da constituição de moléculas orgânicas onde a ligação fosfato é frágil e suscetível de fornecer energia (por hidrólise). Associado à adenina e à ribose, os íons fosfatos contribuem para a formação do trifosfato de adenosina (ATP) e seus derivados, difosfato de adenosina (ADP) e monofosfato (AP) que são eixos do metabolismo vegetal (B. Dussart, 1966; E. Frieden, 1972).

Por constituírem fatores indispensáveis ao desenvolvimento de algas, os nitratos e fosfatos merecem, dentre os sais minerais, especial atenção por parte dos sanitaristas, uma vez que em águas de rios, lagos e represas, tem havido grande incremento de ambos, de forma a prejudicar muito usos de suas águas, mormente o abastecimento público, devido ao fenômeno da Eutrofização. Esse é um problema que sanitaristas tentam resolver - seja procurando reduzir a chegada de nutrientes aos mananciais, seja tentando remover das águas o excesso que lhes é prejudicial (S.M. Branco, 1960, 1964, 1969, 1978; S.M. Branco e A.A. Rocha, 1977).

2.4.1.1- O Nitrogênio

O Nitrogênio constitui 4/5 do volume total do ar atmosférico. De acordo com observações espectroscópicas, é

provável que certas nebulosas contenham Nitrogênio. É encontrado também em certos minerais onde está provavelmente ocluído ou adsorvido; e é encontrado em muitíssimos produtos animais e vegetais, por exemplo carne, leite, ovos, etc. É componente essencial para a constituição de aminoácidos, de vitaminas, de coenzimas, de purinas, de pirimidinas e de porfirinas, o nitrogênio orgânico é obtido, sintotroficamente, a partir do Nitrogênio atmosférico. Em águas naturais frequentemente ele é Fator Limitante e nelas, sua elevação quase sempre é acompanhada de um correspondente aumento de proliferação de organismos autótrofos. Sabe-se que as exigências de Nitrogênio por parte de um organismo são proporcionais à concentração do elemento encontrado no próprio organismo (G.D. Parkes, D. Phill e J.W. Mellor, 1951; C.C. Delwiche, 1976; R.G. Duarte, 1980).

2.4.1.1.1- Histórico

É difícil determinar com exatidão quem, pela primeira vez isolou o Nitrogênio e o reconheceu como uma substância definida. Geralmente é atribuído a Daniel Rutherford que o anunciou em sua Tese de Doutorado em 1772. Essa tese foi o resultado de uma pesquisa sugerida e dirigida pelo Dr. Joseph Black (médico como Rutherford), que havia observado que quando se queimava uma substância carbonífera, restava uma certa quantidade de ar mesmo depois de haver absorvido com óxido de potássio todo ar fixo (dióxido de carbono) e que deu a seu aluno-orientado, a incumbência de estudar as propriedades desse ar residual. Em sua tese, intitulada *Dissertatio Inauguralis de Aere fixo dicto, aut Mephitico*, D. Rutherford relata: "Pela respiração dos animais, o ar saudável não só se torna mefítico (quer dizer carregado de dióxi

do de carbono), como também sobre outra modificação, pois, depois que a porção mefítica é absorvida por uma solução de álcali cáustico, a parte remanescente não se torna saudável e, embora não produza nenhum precipitado com água de cal, sem dúvida apaga a chama e destrói a vida". H. Cavendish em 1875 confirmou esse experimento. A.L. Lavoisier de início chamou ao resíduo ar mefítico, e depois chamou-o azoe, que significa sem vida. J.A. Chaptal sugeriu em 1823 o nome Nitrogênio, do grego nitron e genao; nitron, salitre; e genao, eu produzo; porque o gás é um constituinte do Nitro (G.D. Parkes, D. Phill e J.W. Mellor, 1951).

Sob a forma de Nitratos, o Nitrogênio vem desempenhando importante papel ao longo da história. O Chile o teve como fonte de divisas. Nas áreas de regiões semi-áridas do Chile, depósitos de nitrato se acumularam no solo como resultado de evasão e evaporação das águas superficiais. Tais depósitos representaram valiosas fontes de fertilizantes por longo tempo, canalizando recursos para o Chile, até que o advento dos métodos químicos de fabricação de compostos nitrogenados a partir do nitrogênio atmosférico, passaram a suprir o mercado. O Guano, que é excremento de aves marinhas também rico em nitrato, forma extensos depósitos de adubo na costa do Peru; também esse adubo foi utilizado durante anos em cultivo do solo e até explorado por navios estrangeiros que o levavam à guisa de lastro, furtando uma sivilização sul-americana, depositada por aves durante milênios.

O Nitrogênio desempenha importante papel na agricultura já que a fertilidade das terras é determinada principalmente pelo conteúdo dos nitratos e que também na vegetação aquática sua atuação é necessária. Mas, nem sempre os nitratos exerceram função tão pacífica, pois foram matéria-

-prima para a destruição quando, antes da invenção da dinamite, a pólvora era o único explosivo utilizado nas guerras, numa mistura de enxofre, carbono e salitre (KNO_3). Durante as guerras napoleônicas com os portos bloqueados pela Inglaterra, a França viu-se incapaz de importar nitrato que possibilitar-lhe-ia produzir pólvora. A solução foi obter-se nitratos através da mineralização da matéria orgânica, nos "Jardins de Nitrato". Neles era espalhada uma mistura de estrume e terra sobre a superfície do solo, mistura esta frequentemente revolvida para permitir um bom arejamento. Após a degradação do estrume o nitrato era extraído do resíduo (R.Y. Stanier, M. Dondoroff e E.A. Adelberg, 1969 apud R.G. Duarte, 1980).

Quando arrebentou a guerra de 1914, as baixas reservas de nitrogênio fixado representavam um importante papel, não para a agricultura que dele não necessitariam até fins do inverno, mas para a indústria bélica. A batalha de Marne exigiu quantidades de explosivos não previstos pelas autoridades militares, e as reservas de nitrato se consumiam com uma velocidade que iria resultar em seu rápido esgotamento, com o que a manufatura do ácido nítrico e, portanto, a das munições, seria paralizada. No caso dos Aliados que não possuíam uma indústria de fixação de Nitrogênio, a necessidade suprema era manter o transporte e descarga de nitratos depois da batalha das Malvinas em dezembro de 1914, que serviu para manter a rota do Chile aberto até o fim da Guerra. Mas os Alemães não haviam tomado precauções para substituir os nitratos que agora não chegavam por causa do bloqueio. Como a solução alternativa de produzir ácido nítrico mediante a oxidação catalítica não havia sido explorada, foi necessário, durante o inverno de 1914-1915, em con-

dições de dificuldades crescentes, montar apressadamente várias plantas de catalização.

Em 1915 se tornou evidente que, com a marcha lenta da guerra, a sobrevivência da Alemanha - para não falar de vitória - dependia de suficiente provisão de nitrogênio para a agricultura e indústrias de munições. Então se deu prioridade máxima ao desenvolvimento do processo de Haber-Bosch. Os trabalhos de Haber, em 1904, haviam representado o primeiro esforço sistemático de conhecer as condições que permitiam a formação catalítica do amoníaco a partir dos elementos, incluindo o cálculo do equilíbrio da reação exotérmica $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ em diferentes temperaturas. Mas em 1905 F. Haber concluiu que a síntese não poderia ser realizada industrialmente já que não se obtinha suficiente rendimento à elevadas temperaturas necessárias para alcançar uma velocidade de reação satisfatória, e o projeto foi deixado de lado. A Alemanha retomou o projeto em 1915 e rapidamente foram completadas as ampliações já aprovadas na fábrica de Opan e em 1916 quando a batalha de Verdun exigiu munições em enormes quantidades, perto de Leipzig se construiu Leuna e até 1918 a Alemanha resistiu, e suas fábricas produziram sulfato de amônio e nitrogênio em quantidades grandes mas, mesmo assim, suficientes para o esforço bélico mas insuficientes para a agricultura e em 1919 faltou comida em muitas regiões da Alemanha.

Os Estados Unidos e a Grã Bretanha se surpreenderam com o êxito alemão em utilizar o projeto Haber-Bosch e lutaram em vão para entre 1917 e 1919 também produzir amoníaco.

Nos anos 20 o desenvolvimento da síntese de amoníaco causou transformações fundamentais na estrutura da in

dústria química mas só companhias poderosas da Alemanha, Grã Bretanha, Estados Unidos e França puderam fabricar amoníaco.

Em 1828 Wöhler sintetizou a uréia que hoje é utilizada principalmente para fabricar adubos mas também é usada na fabricação de matérias plásticas. O uso do adubo revolucionou a produtividade agrícola, mormente após o uso de adubos químicos, com conseqüências nem sempre benéficas ao ambiente. Em 1917 Claude consegue aumentar muito o rendimento da síntese do gás amoníaco pondo a trabalhar super pressões que atingiam 1000 atmosferas (R.A. Reichen, 1963).

Em 1939-1945, durante a segunda guerra, os beligerantes intensificaram a produção de amoníaco. O carbono continuou sendo, na Europa, a matéria prima para a síntese mas os Estados Unidos passaram a usar gás natural e produtos do petróleo. Nos anos 60 o carvão foi gradualmente substituído por derivados do petróleo como matéria prima para a síntese do amoníaco e houve grandes aperfeiçoamentos na técnica de produção que permitiram grande produção a baixo custo (L.F. Haber, 1968).

2.4.1.1.2- Nitrificação

O Nitrogênio normalmente é escasso nas águas, e muitas vezes é citado como fator limitante relativo. A maior parte de Nitrogênio é encontrada na água em forma de Nitrato, que é a mais oxidada. As proporções das diversas formas do Nitrogênio são expressão da marcha dos processos biológicos. As transformações do Nitrogênio no processo de decomposição de matéria orgânica seguem a ordem: nitrogênio orgânico $\longrightarrow$ amônia $\longrightarrow$ nitrito $\longrightarrow$ nitrato. Porém as bactérias que fazem as transformações amônia a nitrito e deste a ni-

trato, são aeróbias obrigatórias. Assim, no fundo dos lagos e mares onde são maiores os depósitos sedimentares orgânicos, é também maior a Demanda Bioquímica de Oxigênio, ou seja, a atividade respiratória aeróbia, com consumo do oxigênio presente, dificultando ou impedindo a realização das atividades das bactérias nitrosomonas (que fazem a passagem de amônia a nitrito) e das nitrobacter (que realizam a mudança de nitrito a nitrato). Assim, o Nitrogênio na forma amoniacal é característica de ambiente de grande atividade de decomposição; no fundo dos lagos e em águas profundas, abaixo da profundidade de compensação. O mesmo é verdade também no tempo, naqueles instantes em que os processos de decomposição se revestem de particular intensidade, a concentração de amônia e nitrito é relativamente maior (S.M. Branco, 1969, 1978; R. Margalef, 1974).

A pobreza em nitrogênio dos solos tropicais é devida à rápida mineralização orgânica e conseqüentemente imobilização do N por microorganismos saprófitos, quando a taxa C/N é elevada, à rápida oxidação da amônia para nitratos e conseqüente lixiviação do solo, principalmente nas épocas de chuvas abundantes, e às perdas sob forma gasosa quando o solo tem condições de anaerobiose. Por outro lado, há ganho de nitrato, ou seja, mecanismos de enriquecimento, nitrificação, processo pelo qual o gás N_2 da atmosfera se reduz a compostos que possam ser aproveitados pelas células de seres vivos. Os "fixadores" do nitrogênio são sempre microorganismos, alguns de vida livre, bactérias *Azotobacter*, *Beijerinckia* e *Clostridium* ou algas cianofíceas como *Nostoc* e *Anabaena*.

Na fixação simbiótica os microorganismos se associam a plantas superiores. A mais conhecida e mais encontrada

diça associação é a bactéria do gênero *Rhizobium* com leguminosas, mas são conhecidas outras associações de certas bactérias actinomicetes com raízes, de cianofíceas com fungos, etc... (G.C. Stevenson; apud R.G. Duarte, 1980).

2.4.1.1.2.1- Fixação Simbiótica do Nitrogênio

Em 1838, Boussingault aventou a hipótese de que as leguminosas tinham a capacidade de utilizar o nitrogênio atmosférico, mas só cinquenta anos depois foi que Helmholtz e Wilfarth realizaram um experimento com cultivo de ervilhas em três tipos diferentes de solo: areia estéril, areia não esterilizada e areia esterilizada mais extrato de solo, três grupos com e três grupos sem adubação nitrogenada. Verificaram que em qualquer dos vasos que receberam adubo nitrogenado havia bom desenvolvimento das ervilhas, mas nos vasos adubados, apenas quando as raízes apresentavam nódulos é que as ervilhas cresciam bastante. Sugeriram que as nodulações eram formadas por bactérias do solo. Na mesma época, Beijerinck conseguiu isolar bactérias que provocavam nódulos em raízes de ervilha: Mais tarde, essa bactéria recebeu o nome de *Rhizobium leguminosarum*.

O *Rhizobium*, bactéria simbiote, em forma de bastonete, é de fácil cultivo em meios sintéticos, podendo utilizar várias formas de nitrogênio. Não há fixação do nitrogênio atmosférico por *Rhizobium* quando isolado de seu simbiote (leguminosa).

Ainda não está bem esclarecida a sistemática da fixação do nitrogênio, porém, há evidências de que há necessidade de um organismo fixador que apresente uma fonte de poder redutor, uma fonte de energia e um sistema apropriado de enzimas. Há pelo menos três possíveis fontes de poder re

dutor: piruvato, hidrogênio molecular e fotorredução direta do N_2 em organismos fotossintéticos. A fonte de energia requerida para a síntese de nitrogênio seria o ATP (adenosina-trifosfato), o qual viria da cadeia respiratória na maioria dos organismos e também poderia ser fornecido por fotofosforilação direta em organismos fotossintéticos. O ácido pirúvico, através de uma reação fosforoclástica, poderá fornecer diretamente o ATP, além do poder redutor.

Além das leguminosas, são encontradas diversas outras plantas que em simbiose com microorganismos, podem fixar o nitrogênio, tais como Cycadales e coníferas.

Plantas aquáticas como Azolla e Gunnera possuem algas cianofíceas simbiontes de nitrogênio. Plantas tropicais como Pavetta indica possuem nódulos bacterianos nas folhas que também podem fixar nitrogênio.

São principalmente os legumes, especialmente os trevos que são de importância prática, tendo sido utilizados na agricultura desde os tempos primitivos para melhorar o solo. Na Grã-Bretanha eles são valiosos nos pastos, especialmente em regiões montanhosas, onde não é fácil aplicar fertilizantes nitrogenados. São muito importantes em países como a Austrália e Nova Zelândia e mesmo na Europa Meridional, onde as condições climáticas são favoráveis para os legumes. Esses países têm (diferentemente do nosso) uma grande preocupação com a ecologia e fazem muita restrição aos produtos sintéticos (E.S. Cardoso e F. Galli, 1973; E.E. Conn e P.F. Stumpf, 1969; R.Y. Stainer, M. Doudoroff e E.A. Adelberg, 1969; apud R.G. Duarte, 1980).

2.4.1.1.2.2- Biologia da Nitrificação

Em 1877-1879, na França, Schloesing e Muntz fa-

zendo passar esgoto através de uma coluna de solo arenoso e giz, verificaram que, após vinte dias, não saía mais amônia na extremidade inferior do tubo e que, em seu lugar, aparecia grande quantidade de nitratos. Essa transformação continuava se realizando por meses e meses; cessava, porém, quando adicionavam clorofórmio ou água fervente. Porém, se após a esterilização com água fervente ou clorofórmio, colocassem uma pequena quantidade de solo fresco, o poder de oxidar amônia se restabelecia. Ao processo deram o nome de nitrificação e consideram-no de natureza biológica e não meramente químico.

Posteriormente, outros pesquisadores retornando a essas experiências, puderam constatar que em alguns casos, a oxidação apenas chegava a nitritos e que o material filtrante daí retirado, se fosse semeado em outra coluna esterilizada, também nesta só se produzia nitritos, enquanto que, juntando solo fresco, passava novamente a formar nitratos. Efetivamente, são dois os gêneros de bactérias quimiossintetizantes que vivem em associação, realizando reações em série, resultando a transformação da amônia em nitratos, através dos nitritos. As Nitrosomonas são as bactérias especializadas em transformar amônia em nitrito, e as Nitrobacter são as que transformam nitrito em nitrato.

Já no século XIX, era conhecido o importante papel que os microrganismos desempenhavam como agentes de doenças infecciosas e algumas cientistas se propuseram a continuar o trabalho de Pasteur na investigação sobre o papel específico dos microrganismos na fermentação. Pasteur havia demonstrado que os microrganismos poderiam ser considerados agentes específicos de transformações químicas em longa escala, indicando que o mundo microbiano como um todo, poderia

ser responsabilizado por uma grande variedade de uma série de alterações geoquímicas. Foram Winogradsky e Beijerinck, (o mesmo Beijerinck que em 1888 isolou o *Rhizobium*) que conseguiram estabelecer, em definitivo, a importância dos microrganismos nos ciclos da matéria sobre a terra, mostrando a existência de microrganismos com tipos muito diferentes de biologia, cada tipo especializado no desempenho de uma variedade particular de transformação química e, portanto, com padrões de requisitos nutricionais bem distintos. Assim sendo, não pode haver um meio de cultura universal adequado ao cultivo de qualquer microrganismo.

A inaplicabilidade dos meios nutrientes convencionais, criados por Koch e sua escola para a solução de certos problemas microbiológicos, foi demonstrada por Winogradsky, que trabalhou com bactérias nitrificantes.

Estudos químicos haviam mostrado que, na natureza, a amônia produzida pela decomposição de material nitrogenado de origem vegetal e animal é rapidamente oxidada a nitrato e como os nitratos são a fonte primária do nitrogênio para as plantas verdes, ficou claro que a oxidação da amônia (nitrificação) é uma importante etapa do ciclo do nitrogênio sobre a terra. Por outro lado, como se sabia que a nitrificação podia ser sustada pelo aquecimento ou clorofórmio, havia evidência indireta que a nitrificação fosse um processo biológico, sendo bem provável que os microrganismos fossem os agentes da nitrificação. Foram feitas tentativas de se isolar do solo tais microrganismos nitrificantes através dos meios de cultura em placas de gelatina nutrientes, muito eficientes para o isolamento de bactérias produtoras de doenças. Mas, nenhum dos organismos isolados por esse método foi capaz de fazer a nitrificação.

Em 1890, o jovem microbiologista russo Winogradsky, imaginou que a oxidação da amônia a nitrato fosse uma reação química inorgânica e que os microrganismos capazes de efetuar-la deveriam ser capazes de se desenvolver na ausência de compostos orgânicos e passou a experimentar líquidos constituídos de substâncias estritamente inorgânicas, nas quais se inoculavam amostras de solo onde havia se dado boa nitrificção, descobrindo que a nitrificação se processava em passagens sucessivas nas amostras do mesmo meio.

Foi então que ele resolveu utilizar um meio que contivesse apenas carbonatos ao invés de qualquer fonte orgânica de carbono.

Ele, por assim dizer, "inverteu" o método de plaqueamento proposto pela escola de Koch. Passava um pouco de fragmentos de partículas de giz de uma cultura líquida nitrificante nas superfícies de gelatina nutriente e depois de incubar a placa por vários dias, observava que haviam se formado colônias em torno de algumas das partículas de giz, colhendo com todo cuidado as partículas que não haviam dado origem a crescimento sobre a gelatina e transferindo-as para novos frascos no meio líquido inorgânico, obtinham mais uma vez a nitrificação, demonstrando que as bactérias nitrificantes não crescem em gelatina nutriente. Mais tarde ele conseguiu isolar culturas puras dessas bactérias por meio completamente inorgânico, solidificado por sílica-gel e com a ajuda de Beijerinck desenvolveu também uma técnica nova e muito importante: a cultura de enriquecimento, que não é mais que a aplicação em micro-escala, do princípio darwiniano de seleção natural.

Foi Winogradsky quem demonstrou a existência dos dois mencionados tipos de bactérias nitrificantes, Nitroso-

monas e Nitrobacter, ambas quimiotróficas obrigatórias. Na verdade, muitos compostos orgânicos são tóxicos para elas, por isso, os meios rigorosamente inorgânicos são os melhores para seu cultivo. Elas exigem condições neutras ou alcalinas para seu crescimento.

2.4.1.1.3- Microrganismos do Ciclo do Nitrogênio

Além do *Azotobacter chroococum*, isolada por Beijerinck, das *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, também a *Beijerinckia* fixa nitrogênio. *Beijerinckia* é o homólogo tropical do *Azotobacter*. Descoberto na Índia, em 1966, sabe-se que é amplamente distribuída em solos tropicais e lateríticos, e também tem sido encontrada em alguns solos de regiões temperadas. Hoje são conhecidas várias espécies do gênero *Beijerinckia*: *Beijerinckia indica*, *Beijerinckia mobilis*, *B. blactígenes*, *B. fluminenses*. A classificação baseia-se sobretudo na fonte de carbono utilizado e na morfologia da bactéria e da colônia. Há uma grande influência da vegetação sobre *Beijerinckia*. Desenvolvem-se bem na rizosfera de certas plantas forrageiras como *Digitaria*, *Paspalum* e *Setaria* e, notadamente na rizosfera da cana-de-açúcar.

O primeiro gênero de bactérias do qual se descobriu a capacidade de fixar o nitrogênio foi *Clostridium*, dos quais hoje se conhecem 93 espécies: *C. pasteurianum*, *C. butylicum*, *C. beijerinckia*, *C. pasteurianum*, etc... São organismos de larga distribuição, muito numerosos em solos de boa aeração, onde devem se localizar nos micro-habitats desprovidos de oxigênio, encontrados em todos os solos, ácidos ou alcalinos (E.S.B.N. Cardoso e F. Galli, 1973; E.E. Conn e P.F. Stumpf, 1969; R.Y. Stainer, M. Doudoroff e E.A. Adelberg, 1969; apud R.G. Duarte, 1980).

Há bactérias fotossintéticas que fixam o nitrogênio: verdes, *Clorobacteriaceae*; purpúras, *Thiorhodaceae* e *Athiorhodaceae*.

As exigências ecológicas dessas bactérias, (anaerobiose e iluminação) fazem com que sejam gêneros pouco difundidos no solo. Em arrozais encontram excelente local de vida e ali desempenham papel de relativa importância na fixação de nitrogênio molecular.

Também algas cianofíceas de mais de cem diferentes espécies fixam o nitrogênio, entre as quais *Anabaena*, *Aulosira*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Scytonema*, *Stigonema*, etc...

A maioria das algas fixadoras possuem heterocistos, estrutura peculiar, que se apresentam como uma célula aumentada, aparentemente vazia de conteúdo celular, que pode aparecer em localização terminal ou intercalar-se nos gêneros filamentosos. Os heterocistos parecem ser as células responsáveis pela fixação do nitrogênio, por possuírem propriedade de exclusão do oxigênio atmosférico, mantendo as condições redutoras necessárias à fixação.

Verificou-se que nas algas, a ação fixadora está intimamente ligada à fotossíntese, podendo ocorrer os dois processos simultaneamente na mesma célula. A fixação nas algas cianofíceas está em dependência das reações fotoquímicas, de forma que a fixação cessa quando a alga passa a um desenvolvimento heterotrófico no escuro. A cinemática com que o nitrogênio é fixado é menor do que a da *Azotobacter*, principalmente devido ao lento crescimento desses organismos. Essas algas têm a peculiaridade de excretar ao meio ambiente uma parte do nitrogênio fixado, sob a forma de amônia, amidos ou aminoácidos, tornando assim o nitrogênio dis

ponível a outro organismo.

Outros organismos como Actinomicetos (*Nocardia* e *Mycobacterium*), fungos (*Pullularia*, *Saccharomyces*), fixam Nitrogênio.

As mais importantes ou mais ativas fixadoras do nitrogênio são bactérias simbióticas das leguminosas (F. Ramade, 1974; G.A. Cole, 1975; R.Y. Stanier, M. Doudoroff e E.A. Adelberg, 1969; apud R.G. Duarte, 1980).

2.4.1.1.4- Ciclo do Nitrogênio

A circulação do nitrogênio na biosfera é ciclizada no que se convencionou chamar Ciclo do Nitrogênio. Do tipo gasoso, o ciclo do nitrogênio é um dos ciclos mais complexos e perfeitos. Apesar do grande número e da diversidade de organismos que nele intervêm, a circulação do nitrogênio nos ecossistemas é bastante rápida. Inerte para a maioria dos seres vivos, apenas um número muito restrito de espécies pode empregar o nitrogênio atmosférico e os microrganismos capazes de uso do N_2 e que intervêm no ciclo, apresentam um alto grau de hierarquização: eles e somente eles são capazes de intervir em cada fase do ciclo (F. Ramade, 1974; C.C. Delwiche, 1970).

Pode-se dizer que o Ciclo do Nitrogênio segue, em certa medida, o Ciclo do Carbono, uma vez que se encontra associado a todas as substâncias proteicas, mas dele difere em vários aspectos essenciais. Por exemplo, presente em pequenas concentrações na atmosfera, o CO_2 é facilmente utilizado pelos seres vivos.

2.4.1.1.4.1- Importância da Fixação do Nitrogênio no Ciclo

Observando-se o esquema do ciclo do nitrogênio, podemos agrupar os processos de fixação em:

a) Fixação atmosférica - Esta fixação abiótica, embora quantitativamente, seja muito inferior à biótica, é feita através da ação das descargas elétricas das chuvas.

b) Fixação no solo que pode ser simbiótica - Das simbióticas relembremos as bactérias das leguminosas *Rhizobium*, das Cycodates Coníferas. Das não simbióticas: bactérias *azotobacter* (que levam o nome do elemento) e *Clostridium*.

c) Fixação nas águas - Algas cianofíceas, relembrando: *Anabaena*, *Nostoc*, *Nostocales*, *Scytonema*, *Stigonema*, *Calothrix*, *Cylindrospermum*, *Plectonema*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*.

d) Fixação industrial - As indústrias de adubo, que a cada ano se multiplicam, são outra importante fonte de nitrogênio em forma de nitrato. Os vegetais não poderiam utilizá-lo de outra forma e é através deles que os heterótrofos podem utilizá-lo. Vimos que o nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio e nas águas a maior parte dele é assim que se encontra. As proporções entre as diferentes formas expressam a marcha dos processos biológicos. Entende-se que a concentração de amônia e nitrito seja maior onde a decomposição da matéria orgânica é mais ativa, isto é, perto do fundo e nas águas profundas, sob a profundidade de compensação, onde o plâncton se mineraliza ativamente e onde, no mar e em lagos, encontra-se o nível mínimo de oxigênio. O que respeita à distribuição no espaço, também se aplica ao tempo. A concentração de amônia a nitrito é relativamente

maior nos momentos em que os processos de decomposição se revestem de particular intensidade.

Através do esquema do ciclo, vemos que os seres vivos devolvem nitrogênio ao meio através de excrementos e também com seus cadáveres.

Por outro lado, a denitrificação, feita em solos com excesso de nitrato por bactérias do gênero *Pseudomonas*, que usam os íons como fonte de poder oxidante para a respiração dos hidratos de carbono e obtenção do ATP, são capazes de transformar NO_3 em N_2 que se volatiliza e volta à atmosfera.

São organismos anaeróbios e, portanto, freqüentes em solos de drenagem difícil.

Outra bactéria de metabolismo parecido e de ação quantitativamente importante em solos encharcados é *Thiobacillus denitrificans*. Inclusive em solos muito ricos em nitratos e carbonos, apenas 20% do nitrogênio é decomposto desta maneira.

Finalmente, há retorno de nitrogênio à atmosfera através de vulcanismo, compensando de alguma forma as perdas constantes e o bloqueio do nitrogênio circulante mediante a sedimentação nas regiões abissais.

Diversos paraciclos contribuem para complicar ainda mais o ciclo do nitrogênio e dotá-lo de uma considerável homeostase. Os mecanismos feedback de auto-regulação tornam o ciclo do nitrogênio relativamente perfeito em termos de grandes áreas da biosfera. Qualquer incremento de movimento ao longo de uma via é rapidamente compensado por reajuste ao longo de outras vias. Assim, o ciclo está magnificamente preparado para responder às necessidades estabelecidas pela di

maior nos momentos em que os processos de decomposição se revestem de particular intensidade.

Através do esquema do ciclo, vemos que os seres vivos devolvem nitrogênio ao meio através de excrementos e também com seus cadáveres.

Por outro lado, a denitrificação, feita em solos com excesso de nitrato por bactérias do gênero *Pseudomonas*, que usam os íons como fonte de poder oxidante para a respiração dos hidratos de carbono e obtenção do ATP, são capazes de transformar NO_3 em N_2 que se volatiliza e volta à atmosfera.

São organismos anaeróbios e, portanto, freqüentes em solos de drenagem difícil.

Outra bactéria de metabolismo parecido e de ação quantitativamente importante em solos encharcados é *Thiobacilles denitrificans*. Inclusive em solos muito ricos em nitratos e carbonos, apenas 20% do nitrogênio é decomposto desta maneira.

Finalmente, há retorno de nitrogênio à atmosfera através de vulcanismo, compensando de alguma forma as perdas constantes e o bloqueio do nitrogênio circulante mediante a sedimentação nas regiões abissais.

Diversos paraciclos contribuem para complicar ainda mais o ciclo do nitrogênio e dotá-lo de uma considerável homeostase. Os mecanismos feedback de auto-regulação tornam o ciclo do nitrogênio relativamente perfeito em termos de grandes áreas da biosfera. Qualquer incremento de movimento ao longo de uma via é rapidamente compensado por reajuste ao longo de outras vias. Assim, o ciclo está magnificamente preparado para responder às necessidades estabelecidas pela di

nâmica dos ecossistemas. (F. Râmade, 1974).

2.4.1.1.4.2- Perturbações no Ciclo do Nitrogênio

É complexa a ação do homem sobre o ciclo do Nitrogênio. Embora não seja o maior agente perturbador, a contaminação atmosférica da civilização industrial interfere, de múltiplas formas, sobre o ciclo. Os automóveis, os combustíveis e os adubos químicos são introdutórios de Nitrogênio na atmosfera. Os adubos nitrogenados são, sem dúvida, o problema maior, quebrando o equilíbrio entre denitrificação e nitrificação - segundo os peritos - com consequências cumulativas e que já alcançam níveis preocupantes.

2.4.1.2- O Fósforo

O elemento fósforo é absorvido pelas plantas essencialmente como um ion $H_2 PO_4^-$, e não sofre redução dentro da planta, aparecendo nos carboidratos fosforilados, nos nucleotídeos (nos ácidos nucleicos) e nos fosfolípidos, no mesmo estado de alta oxidação em que é absorvido.

2.4.1.2.1. Histórico

No século XVII viveu em Hamburgo um mercador Henning Brand, que é citado como o primeiro homem que descobriu um elemento. Naturalmente o ouro, o chumbo e os demais metais e não metais usados nas mais antigas civilizações foram descobertos por alguém, mas eles permaneceram tão desconhecidos quanto o homem que fez a primeira roda...

Em sua juventude Brand foi soldado e depois se tornou "um médico grosseiro que não sabia uma palavra em

latim" (R. Jagnaux, 1981, apud M.E. Weeks, 1949) que se sentiu atraído pelo feitiço da alquimia em busca do Rei dos Metais e, não se sabe porque, tentou achar na urina um líquido capaz de converter prata em ouro, mas sabe-se que seus extravagantes experimentos feitos em 1669 conduziram a resultados surpreendentes e extraordinariamente belos. Não é de se estranhar que Brand ficasse encantado com a substância branca e cêrea que resplandecia tão agradavelmente em seu escuro laboratório. O método de obtenção desse elemento luminoso, que hoje se chama fósforo, ele o manteve secreto, mas a notícia do assombroso descobrimento logo se espalhou por toda Alemanha. Por essa época vivia um famoso químico Johann Kunckel (1630-1702) que um dia em Hamburgo, mostrou, encantado, a um amigo uma substância fosforescente... mas o amigo não só já havia visto antes a tal substância, como se ofereceu a levar Kunckel à casa do médico alquimista Dr. Brand, para que visse uma substância mais notável que brilhava espontaneamente na obscuridade. No calor de seu entusiasmo, Kunckel imediatamente escreveu a seu amigo Dr. Johann Daniel Kraft, de Desdre, que se revelou um mau amigo pois, sem responder a carta de Kunckel, foi imediatamente a Hamburgo e, por duzentos talers (cerca de 37 Libras), comprou o segredo de Brand. A transação já estava feita quando Kunckel reaparece e tenta, em vão, conhecer o procedimento secreto, mas ao menos conseguiu ver que a nova substância luminosa - que conhecemos com o nome de fósforo - era obtida da urina, Kunckel começou então a fazer experimentos com esse fluído e finalmente conseguiu seu objetivo - recusando-se como o fizera Brand - a revelar a metodologia, alegando temor dos perigosos acidentes que o fósforo poderia ocasio-

nar (M.E. Weeks, 1949; G.D. Parkes e J.W. Mellor, 1951).

Kunckel, além de preparar fósforo, fundiu-o em moldes para obter barras - hoje tão familiares aos estudantes de Química. Além disso introduziu seu uso como medicamento, e seu famoso livro sobre o assunto tem o título curioso de: "Carta pública do fósforo maravilhoso e suas maravilhas pílulas reluzentes". Suas pesquisas sobre o fósforo não ficaram sem recompensa, pois o Duque Johann Friedrich, de Hannover, lhe pagou uma pensão vitalícia. (T. Thomson e P.J. Macquer, 1964, apud M.E. Weeks, 1949).

Segundo Thomas Thomson, Willian Homberg adquiriu de Hunckel o segredo de fabricar fósforo em troca do engenhoso barômetro inventado por Otto de Guericke: um tubo de 10 metros de altura, cheio de água, com uma bonequinha flutuante. Esse tubo saia telhado afora de sua casa; quando a pressão aumentava a bonequinha aparecia no final do tubo por sobre o telhado anunciando bom tempo e, quando a pressão era baixa, a coluna líquida baixava, escondendo a boneca no tubo e anunciando chuva. Elementar para um garoto de hoje, mas semelhou a bruxaria no século XVII, revoltando a população que obrigou Guericke (prefeito do burgo) a desistir de utilizar seu invento. Bem por isso, provavelmente ele fez novo uso dele, trocando-o por outro invento... *****

Roberto Boyle, ilustre inglês, pioneiro da Química pneumática, o descobriu independentemente de maneira semelhante ao processo de Hunckel, mas sem conhecer nada desse

***** Comunicação pessoal com o Professor Samuel Murgel Branco, professor da EESC-USP e do Instituto de Engenharia Mauá.

trabalho. O auxiliar de Boyle, Godfrey Hanckwitz, fabricou fósforo em larga escala e o exportou para a Europa.

Em 1737 um forasteiro ofereceu revelar, à Academia de Ciências de Paris, o processo secreto de fazer o fósforo. Tendo aceito a oferta, o Governo francês nomeou Jean Hellot como presidente de uma comissão para estudar o processo. Por suas detalhadas informações publicadas nas Memórias da Academia de 1737, e mais tarde em um texto de química de P.J. Macquer, o processo foi colocado ao alcance de todos os químicos (T. Thomson, e P.J. Macquer, 1764 apud M.E. Weeks, 1949).

Em 1769 os cientistas suecos Scheele e Gahn descobriram que o fósforo é importante constituinte dos ossos, e em 1770 Scheele, consegue isolá-lo. É realmente estranho que o fósforo fosse descoberto tão cedo na Química, pois as reações do processo de Bragg são bastante complexas e, mesmo hoje em dia, esse elemento não se isola com facilidade.

A menos dessa história do fósforo, há uma série de notas suplementares para sua história. Raimondo di Sangro (1710-1771) em sua correspondência com Abade Nollet, se refere às "lampadas perpétuas" de Santo Agostinho (350-430) que algumas vezes foram encontradas em sepulcros dos primeiros cristãos. Segundo Raimondo di Sandro essas lâmpadas continham fósforo e Gino Testi considerou obscuro esse ponto da História da Química, necessitando posteriores investigações. (Gino Testi, 1931; Von Klinckowstroem, 1932 apud M.E. Weeks, 1949).

M.F. Trass, o pequeno, em sua "A History of the match industry" publicada no Journal of Chemical Education,

cita uma receita de Paracelso para "separação dos elementos de suas substâncias aquosas". As velinhas que são o elemento do fogo de que fala Paracelso e que parece, era obtido da urina, bem poderiam ser fósforo elementar. Por que teriam as velinhas despertado tão pouco interesse?

Em 1668, Bernhard Albinus revelou a presença de fósforo nas cinzas de mostarda e agrião e em 1743 Marggraf o preparou a partir de trigo e mostarda (B. Albinus, 1688, A.S. Marggraf, 1768, apud M.E. Weeks, 1949).

Lavoisier disse que "o fósforo se encontra em quase todas as substâncias animais e em algumas plantas que, segundo análise química, têm natureza animal... A descoberta dessa substância no carvão de madeira realizado por M. Hassenfratz nos faz supor que ela seja mais comum no reino vegetal do que se acreditava; há um fato positivo: que famílias inteiras de plantas produzem fósforo quando devidamente tratadas" (A.L. Lavoisier, 1973, apud M.E. Weeks, 1949).

O boticário de Stettin, J.K.F. Meyer em 1784 escreveu que "há alguns anos observei uma cor verde permanente nas essências que preparei digerindo ervas verdes em vasos de cobre. Acredito que os fosfatos das folhas reagiram com o cobre, formando fosfato de metal" (J.K.F. Meyer, 1784, apud M.E. Weeks, 1949).

William Lewis em 1759 observou que "cinzas de ossos e chifres se parecem com greda (carbonato terroso de cal) e com a terra de conchas de peixes do mar... que é facilmente solúvel em ácidos nítrico, marinho (clorídrico) e vegetal mas não em ácido vitriólico. A única

diferença que pude observar entre a terra calcárea das conchas e a cinza dos ossos foi que a cinza não se transforma em cal por ação do fogo. Por mais que se calcine a terra de ossos e chifres, ela continua insípida e não mostra nenhuma impregnação pela água"(W. Lewis, 1759 apud M.E. Weeks, 1949)

Em 1769 C.W. Scheele e J.G. Gahn descobriram que o fósforo é um importante constituinte dos ossos (M.E. Weeks, 1949).

O termo fósforo deriva-se do grego phos que significa luz e phero que significa conduz, levo. O termo foi aplicado a várias substâncias, tais como os sulfetos de bário e cálcio (comerciais), que brilham na obscuridade, como o próprio fósforo, mas, com o tempo, o termo se restringiu unicamente, ao elemento. O caráter elementar do fósforo foi reconhecido pela primeira vez por A.L. Lavoisier em 1777.

Como o fósforo se oxida rapidamente em contacto com o ar, supõe-se que não possa ser encontrado em estado livre na natureza. Sem dúvida é mais frequentemente encontrado em combinação com o oxigênio - como "fosfato terroso" em minerais como fosfatos de cálcio mais ou menos impuros, também nas terras raras associadas com o ácido fosfórico (exemplo monasita) e encontram-se fosfatos em algumas gemas como turquesa, lazulita, etc. (G.D. Parks e J.W. Mellor, 1951).

2.4.1.2.2. Fósforo e Produtividade Primária

O fósforo tem importante papel na produtividade primária sob a forma de sais de ácido fosfórico (fosfatos) que, uma vez assimilados, participam ativamente da consti-

tuição de moléculas orgânicas onde a ligação fosfato é frágil e suscetível de fornecer energia (por hidrólise). Associado à adenina e à ribose (constituintes do ácido adenílico o ácido fosfórico contribui para a formação do trifosfato de adenosina) (ATP) e de seus derivados: difosfato de adenosina (ADP) e monofosfato (AP), eixos do metabolismo vegetal (B. Dussart, 1966)

O solo, via de regra, possui muito mais fósforo que o exigido por qualquer cultura mas, as plantas não podem aproveitar fósforo nas formas de fosfatos de cálcio, de ferro, de alumínio que são insolúveis, como também não utilizam o fósforo contido na apatita, nem os retira dos minerais fosfatados cristalinos (de que existem vários tipos). Assim, uma muito pequena fração do fósforo presente nos solos, se encontra como $H_2 PO_4^-$, portanto facilmente assimilável, daí a razão para as respostas generalizadas que obtêm às adubações fosfatadas (E. Malavolta, 1959).

De certo modo o comportamento que o fósforo apresenta no solo, é diferente do comportamento dos outros elementos pois, dificilmente, permanece muito tempo em estado solúvel e em condições de ser absorvido pelas plantas. Ademais, solos ácidos com altos níveis de hidróxidos, fixam mais fósforo que solos alcalinos, e solos mais arenosos, com partículas mais grosseiras, fixam menos fósforo por apresentar menor área superficial que solos argilosos (E.W. Russel, 1961, apud J.A. Jorge, 1969).

No solo, o fósforo basicamente se encontra sob três formas: solúvel, ligado à matéria orgânica e formando compostos inorgânicos com baixa solubilidade. Sob forma so

lúvel geralmente está em pequena quantidade, sendo insuficiente à maioria dos vegetais. Um terço ou mais do total do fósforo do solo pode se encontrar em forma orgânica a qual, acredita-se, não apresenta interesse direto na nutrição das plantas, mas que é liberado às raízes através da decomposição da matéria orgânica, durante a qual há formação de ácidos orgânicos com produção de compostos com ferro e alumínio os quais impedem a insolubilização do fósforo. Mesmo quando há compostos insolúveis de fosfato de ferro, os ácidos orgânicos liberam o fósforo, transformando-o de maneira a que possa ser facilmente assimilado pelas plantas. Além desse benefício, a matéria orgânica cria condições propícias ao desenvolvimento de microrganismos que utilizam fósforo mineral na formação de seus tecidos; esses microrganismos - depois de mortos - paulatinamente liberam o fósforo que pode ser aproveitado pelas culturas (J.A. Jorge, 1969).

O meio aquático, via de regra é pobre em fósforo, o qual chega aos corpos d'água através de despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, bem como alguns tipos de despejos industriais e por águas de drenagem de terrenos agriculturados (S.M. Branco, 1969) Os rios são agentes de fertilização constante dos oceanos pelo depósito contínuo de águas ricas em fosfatos, permitindo o desenvolvimento do fitoplâncton e dos demais organismos integrantes dos diversos níveis e cadeias tróficas límnicas ou marinhas. Nesses meios, o retorno dos fosfatos à água se estabelece através de biorredutores. Nos ecossistemas aquáticos o fósforo se encontra sob quatro formas diferentes: ortofosfatos minerais solúveis, fosfatos orgânicos da biomas

sa, fosfatos orgânicos procedentes de matérias orgânicas mortas e fosfatos orgânicos solúveis. T.E. Jensen e L.G. Sicko-Goade (1973) relatam em seu trabalho - Aspectos da Utilização de Fosfatos - que, em presença de altas concentrações de fosfato há aumento de lise de células de *Plectonema boryanum* (algas cianofíceas), causando assim problemas ainda mais sérios que os da própria floração.*****

Com exceção da água, a deficiência de fósforo é o mais provável Fator Limitante da produtividade de qualquer região da superfície da terra (E.F. Odum, 1959; B. Dussart, 1966; G.E. Hutchinson, 1969; S.M. Branco 1969, 1978; E. Fee, 1981). Em lagos africanos há permanente deficiência de fosfatos, porém, menos importante que a de nitrogenados (B. Moss, 1969 apud E.M. Moraes, 1978; E.B. Vinner, 1975).

O fósforo, na natureza, está sempre presente na forma de fosfatos sendo que - na água - há dois grupos principais: ortofosfatos inorgânicos e polifosfatos orgânicos dissolvidos e sestônicos, excretados por algas. (J.F. Talling, 1965; G.V. Levine e J. Shapiro, 1965; Pomeroy, 1965 apud Em Moraes, 1978).

2.4.1.2.2.1- Fixação do Fósforo

Fixação do fósforo é a conversão do fósforo solúvel ou disponível em formas insolúveis ou menos solúveis. No solo, apenas uma quinta fonte de fósforo adicionado pela adubação é prontamente aproveitado pela cultura e isto se

*****: citação feita em aula do Curso de Fundamentos Biológicos de Saneamento VI: Hidrobiologia de Tratamento de Esgotos, ministrado a nível de Pós Graduação na Faculdade da USP, em 1973, pela Professora Doutora Helena A. Lima Pereira).

dá unicamente por uma questão de solubilidade. Embora a absorção de fósforo pela maior parte das culturas não exceda a vinte quilogramas por hectare, é comum ser necessária a adição de dose quatro a cinco vezes maiores, para que haja boa produtividade especialmente por parte de culturas exigentes como algodão, milho ou trigo (J.A. Jorge, 1969); D.M. Imbodem, 1974).

Se for colocado no solo, por exemplo, fósforo solúvel sob a forma de fosfato monocálcico; ele poderá ser "fixado" pela adsorção pelas argilas; adsorção pelos hidróxidos de ferro e alumínio; precipitação com o ferro, alumínio ou o manganês; formação de compostos de cálcio e formação de compostos orgânicos (J.A. Jorge, 1969).

2.4.1.2.3- Ciclo do Fósforo

O ciclo do fósforo é relativamente simples e incompleto. O fósforo é um dos componentes essenciais da matéria viva e nela se encontra em quantidades relativamente elevadas: basta lembrar, como exemplo, a importância capital para a vida das moléculas fosforiladas tais como nucleotídeos ou fosfolipídeos (F. Ramade, 1974). De todos os elementos presentes nos organismos vivos o fósforo é provavelmente, o de maior importância ecológica; isto porque o fósforo e os outros elementos presentes nos organismos, guardam entre si uma relação consideravelmente maior que a presente nas fontes primárias dos elementos biológicos (E.F. Odum, 1959; B. Dussart, 1966; G.E. Hutchinson, 1969).

A litosfera é o grande depósito de fósforo, sendo ele raro na biosfera onde não constitui mais que um por

cento da composição global dentre os demais elementos, de onde facilmente pode-se tornar fator limitante para a produtividade de numerosos ecossistemas. Esse fósforo inorgânico é posto em circulação por lixiviação e dissolução em águas continentais. Assim ele é introduzido nos ecossistemas terrestres e absorvido pelos vegetais que o incorporam à estrutura de diferentes moléculas orgânicas, permanecendo, nessa forma, no conjunto de redes tróficas dos sistemas ecológicos. Os fosfatos orgânicos são restituídos ao solo através de cadáveres, dejetos e excreções produzidas por seres vivos, utilizados depois por microrganismos e outra vez transformados em ortofosfatos minerais novamente disponível para os vegetais autótrofos. Às águas, o fósforo chega por drenagem e percolação, permitindo o grande desenvolvimento do fitoplâncton e dos demais organismos integrantes dos diversos níveis e cadeias tróficas. O fósforo acumulado nos sedimentos pouco profundos é liberado quando o meio se torna anaeróbico. Em regiões de climas frios, no inverno, a fotossíntese se torna muito reduzida e é então que - as mesmas condições que impedem a circulação do enxofre em presença do ferro e em condições redutoras - asseguram a liberação do fosfato.

Embora, em condições naturais, o ciclo do fósforo tenha - no ecossistema terrestre - um balanço ótimo com mínimas perdas por lixiviação, o mesmo não acontece nos oceanos. Há uma incessante sedimentação de matéria orgânica, particularmente formada por esqueletos de peixe, ricos em fósforo, cujos restos não são consumidos por decompositores e constantemente se acumulam no fundo dos oceanos. Embora fosfatos orgânicos depositados em águas pouco pro-

fundas de zonas litorâneas possam voltar à circulação depois de sua mineralização, o mesmo não acontece com fosfatos sedimentados no fundo de regiões abissais, as quais representam 85% da superfície oceânica total. Os fosfatos depositados nos fundos dos mares não podem ser reciclados. (F. Ramade, 1974).

Claro que os elementos com ciclo sedimentar, como o fósforo, não se acumulam nos fundos oceânicos ad infinitum, uma vez que os movimentos epicontinentais e orogênicos lentamente devolvem, à superfície emersa dos continentes, os sedimentos acumulados na profundidade das geossinclinaismas em dezenas ou centenas de milhões de anos, ou seja na escala dos tempos geológicos (E. Odum, 1959, V. Kovda et alii, 1970, apud F. Ramade 1974).

O ciclo do fósforo não é inteiramente aberto, há retorno de fosfato oceânicos às terras emergentes, através de aves marinhas ictiófagas. As jazidas de guano no Peru, atestam a dimensão que este fenômeno pode alcançar em algumas regiões continentais. De certa forma e em certa medida, o homem também contribui para essa reciclagem através da pesca marinha, embora seja apenas da ordem de 60000 toneladas por ano, a quantidade de fósforo restituído pelas indústrias pesqueiras (G.E. Hutchinson, 1969). Muito mais que essa quantidade de fósforo o homem incorpora nos solos e nas águas através de adubos. Em condições naturais a transferência do fósforo do oceano para os continentes se dá em condições bem menores que aquelas perdidas na sedimentação.

(Figura nº 2 - Ciclo do Fósforo, pag. A-243, vol.2)

2.4.1.2.3.1- Perturbações no Ciclo do Fósforo

Via de regra o fósforo é fator limitante nas águas e no solo, sendo pois, o controlador da produtividade primária da biosfera, podendo ser considerado o regulador dos demais ciclos biogeoquímicos, mesmo porque as concentrações de Nitrato nas águas ou de Oxigênio na atmosfera, parecem ser controladas pelo Ciclo do Fósforo. Escassês de fósforo na litosfera em contraste com a necessidade - cada dia crescente - de maior produção de alimento, fazendo ser importante a produtividade no espaço e no tempo (maior colheita em menor área mais rapidamente!), fez o homem adubar seu solo com produtos químicos ricos não só em N e K, mas em P. Quantidades enormes de adubo vêm sendo depositadas nos solos; (só no Brasil cerca de um milhão de toneladas anuais!). Boa parte desse adubo, vimos, é carregado para os corpos d'água por águas de drenagem e parte substancial do fósforo desses fertilizantes permanece nos solos que - ricos em alumínio, cálcio e ferro - fixam o fósforo.

Assim o homem, o grande elemento perturbador dos ecossistemas, incrementa o ciclo, transfere, perturba...

Existe uma significativa diferença entre os produtores primários aquáticos e terrestres. No mar, mais de 95% da produção provém do fitoplâncton e, na terra, a maior parte da produção depende de vegetais de estrutura complexa, enraizadas, que se elevam para a atmosfera e em cuja composição entra proporção considerável de materiais pouco digeríveis por animais (R. Margalef, 1974). Assim, o cociente biomassa dos animais/biomassa de produtores primários é significativamente maior nos ecossistemas aquáticos que nos

terrestres. Assim a perturbação nas águas - seja por incremento seja por decréscimo do primeiro elo da cadeia alimentar - é muito grave dadas as danosas e, frequentemente incontroláveis e mesmo imprevisíveis consequências.

2.4.2- Carbono

O carbono - na forma de gás carbônico - últimamente tem sido estudado como elemento que influi na Eutrofização. Importante do ponto de vista ecológico - por sua participação essencial no fenômeno da fotossíntese - não tem sido considerado Fator Limitante, dada sua abundância, especialmente no meio aquático onde não soe ser limitante ao desenvolvimento dos seres autótrofos, a não ser muito especialmente - como é o caso de ambientes altamente eutróficos (S.M. Branco, 1969, 1973, 1978. 1980; G. Cole, 1975).

2.4.2.1. Histórico

Conhecido há muito, o dióxido de carbono foi inicialmente confundido com o "ar", tendo sido denominado gás silvestre por J.B. Helmont que o preparou por ação de ácidos sobre álcalis e substâncias calcáreas. Também demonstrou que se forma durante a combustão do carvão de lenha, na fermentação e putrefação da matéria orgânica e o identificou com a água mineral de Spa, na Bélgica e ainda na Gruta del Perro, em Nápoles e em outras localidades. Helmont sabia que o gás extinguiu a chama, asfixiava os animais e - mesmo assim - o confundiu com outros gases. Em 1755 Black o chamou ar fixo e em 1774, T. Bergman o denominou ácido aéreo. Foi Lavoisier quem explicou claramente o

caráter químico do dióxido de carbono e quem demonstrou ser ele um óxido de carbono.

Em muitos lugares o dióxido de carbono brota no solo como gás ou em solução aquosa (água mineral). J.B. Boussingault em 1844 calculou que Cotopaxi emitia por ano mais dióxido de carbono que o gerado pela vida e combustão de uma cidade como Paris. Por ser o dióxido de carbono uma vez e meia mais pesado que o ar, tende a reunir-se como um gás em velhos poços profundos, vales, e em depressões do solo que estejam próximos de pedreiras de cal ou caieiras em proximidades de vulcões e fissuras do solo de onde se desprende dióxido de carbono, por exemplo o Vale da Morte (Lago de Laach, Java) onde - relata um viandante - todo o fundo está forrado de esqueletos de seres humanos, animais e pássaros, asfixiados em uma atmosfera sobrecarregada de dióxido de carbono. Na Gruta do Cão (em Pozzioli, Nápoles) dizem que existe no chão, uma capa de espessura constante, em torno de 45 cm, de forma tal que os cães que entram na caverna se asfixiam, sem que haja perigo para os homens. Na Quebrada da Morte, no Parte de Yellowstone, também se desprende muito dióxido de carbono, e ali há muitos esqueletos de animais que foram asfixiados pelo gás (G.D. Parkes, J.W. Mellor, 1951)

2.4.2.2- Gás Carbônico em Água

O gás carbônico é 35 vezes mais solúvel na água que o oxigênio porém, sua concentração na atmosfera é 700 vezes menor. Na água encontra-se em forma dissolvida ou no estado de carbonatos e bicarbonatos de metais alcalinos e alcalinos terrosos. Sua distribuição nas massas de água

é extremamente oposta a do oxigênio, uma vez que o gradiente de ambos é estabelecido por uma mesma ação biológica. Na água, ao contrário do que se verifica no ar atmosférico (onde existe apenas na proporção de 0,3%), ele não constitui fator limitante ao desenvolvimento dos seres autótrofos, a não ser excepcionalmente, em ambientes altamente eutróficos, sobretudo quando essa eutrofização é causada por nitrogênio e fósforo na forma mineral (isto é, sem o aporte de compostos orgânicos e, portanto de carbono). Como o gás carbônico é exigido pelas algas em grandes quantidades - comparado às exigências dos demais nutrientes -, se houver uma super abundância de algas, proporcionada por concentrações irrestritas de nitrogênio e fósforo, o consumo fotossintético de gás carbônico pode tornar-se superior ao acesso desse composto à água e ele se torna, então, fator limitante relativo. Mesmo quando existe acesso de compostos orgânicos bio-degradáveis, há uma tendência à sedimentação desse material, originando depósitos bentônicos que, se localizados à grande distância da superfície, podem não constituir fonte suficiente de CO_2 para as algas. A luz é escassa no fundo, as algas necessitam luz e, se não houver uma perfeita e constante circulação vertical no lago, a fonte de gás carbônico pode permanecer distante da zona de fotossíntese (S.M. Branco, 1959, 1969, 1972, 1973, 1978, 1980).

A turbulência, além de permitir maior acesso vertical de gás carbônico à zona fótica, desempenha também um outro papel considerado importante em relação às disponibilidades de gás carbônico. As células, ou colônias de algas em processo de intensa fotossíntese e rápido consumo

de CO_2 , determinam a formação de um gradiente de concentração desse gás nos seus arredores imediatos, de tal forma que as concentrações próximas à superfície das células são muito mais baixas que às maiores distâncias. A turbulência destrói esse gradiente, aumentando a concentração de CO_2 junto à membrana celular e determinando maior taxa de fotossíntese, sobretudo em populações concentradas de algas.

A relação entre C: N: P exigida por cianofíceas é da ordem de 160: 20: 1, enquanto pelas demais algas é de 370: 20: 1 (D.L. King, 1970; S.M. Branco, 1972, 1975, 1978). Bem por isso, só quando as concentrações de CO_2 no meio são inferiores a 2,5 micromoles por litro é que as cianofíceas passam a ter seu crescimento limitado, enquanto outros grupos de algas têm seu crescimento limitado em concentrações de 7,5 e até de 30 micromoles por litro. Assim sendo, o carbono é não só um fator limitante de grande importância como o é do ponto de vista sanitário já que, concentrações maiores de CO_2 possibilitam ou favorecem o crescimento de gêneros diferentes das algas, especialmente daquelas que são - sob muitos aspectos - menos nocivas que as pouco exigentes cianofíceas (S.M. Branco, 1972, 1975, 1978, 1980).

Além disso, há outro papel desempenhado pelo CO_2 em águas ricas em carbonatos, especialmente o de cálcio; o gás carbônico combina com esses sais e forma bicarbonatos que são solúveis. A presença de bicarbonatos em solução, bem como de carbonatos precipitados, depende da quantidade de CO_2 do meio o qual, mesmo quando há excesso de carbonatos, não é totalmente consumido nas reações com os carbonatos. Certa quantidade de carbono - dito gás carbônico de equilíbrio - permanece na água sendo responsável pela

estabilidade do teor de bicarbonatos existentes. Se o CO_2 (por qualquer processo) for retirado da água, parte do bicarbonato presente se converte em carbonato, liberando gás carbônico em quantidade equivalente. Se porém o todo o carbonato presente se transformar em bicarbonato, além da parcela de equilíbrio, pode haver um excesso de CO_2 livre - gás carbônico agressivo - que pode reagir com novas quantidades de carbonato que sejam adicionados ao meio. O CO_2 agressivo combina-se parcialmente à água formando ácido carbônico (H_2CO_3), responsável pela acidez da mesma. Assim é que, nas águas existe um efeito tampão da mistura carbonato e ácido carbônico que, de certa forma, impede flutuações do pH que se mantêm em limites mais ou menos estreitos. Muitos seres aquáticos, entre os quais peixes, têm pequena resistência a flutuações de pH. As algas cianofíceas, por exemplo não são encontradas em locais com pH menor que 5, sendo raras com pH entre 5 e 6; outras algas são encontradas em presença de baixos pH, inclusive bastante baixos como 1,9 por exemplo (S.M. Branco, 1972, 1975, 1978, 1980).

Algumas algas como *Selenastrum Capricornutum* e *Scedesmus quadriculata* têm sua taxa de dominância de crescimento relacionada ao carbono inorgânico total, pois são pouco exigentes e vivem com muito baixas concentrações de CO_2 . (D.L. King, 1970; C.R. Goldman, 1974).

Na Dinamarca em um lago que recebe uma grande quantidade de sais nutritivos, o CO_2 e não os sais limitam a produtividade primária (avaliada em gramas de hidrato de carbono por m^2 por dia) verificando-se a existência de uma correlação inversa entre as duas medidas (Steeman - Nielsen, 1955 apud B. Dussart, 1966).

A escassês de carbono não é sempre importante e limitante mas o enriquecimento, por aeração, de dióxido de carbono quase sempre é vantajoso no sentido de maior produção de algas verdes em lugar de cianofíceas, conforme verificado em culturas feitas em laboratório (J. Myers, 1962).

2.4.2.3- Ciclo do Carbono

O ciclo do carbono, que se efetua especialmente entre o anidrido carbono e os seres vivos, é dos mais perfeitos por causa da grande velocidade com que o carbono circula entre os diversos meios inorgânicos e no interior das comunidades dos seres vivos, através das redes tróficas. Fundamental como bio-elemento, o carbono, na natureza, é encontrado em forma mineral como carbonatos, rochas calcáreas de origem biológica que formam enormes depósitos em algumas zonas da litosfera e, sobretudo, como gás na forma de CO_2 que representa a situação circulante do carbono inorgânico. Diferentemente do Nitrogênio por exemplo, o carbono é raro na atmosfera (cerca de 320 ppm de CO_2), porém está na forma molecular com que pode ser utilizado pelos vegetais autôtrofos, assegurando a produtividade primária (E. Odum, 1959; F. Ramade, 1974) A biosfera, em conjunto, produz anualmente cerca de 16×10^9 toneladas por ano de matéria orgânica o que equivale a dezenas de bilhões de toneladas de carbono anualmente fixadas por fotossíntese. Como através do tempo, pode-se dizer, a quantidade de CO_2 atmosférico permanece constante, há que haver não só uma grande mobilidade do carbono como, uma outra reserva de CO_2 que não a reserva da atmosfera - que desempenhe um papel regulador na circulação do anidrido carbônico. Formada

pelos oceanos, essa reserva é cerca de 50 vezes maior que a da atmosfera (Whitaker e Likens, 1970, apud E. Ramade, 1974).

As trocas de carbono entre hidrosfera, atmosfera e litosfera dão-se através das seguintes reações:

CO₂ atmosférico

↑↓

Em águas continentais o ácido carbônico pode atacar as rochas e se elas forem formadas por carbonatos de cálcio se produz Ca em forma de bicarbonatos solúvel em água: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{CO}_3 \text{ Ca} \rightleftharpoons (\text{CO}_3 \text{ H})_2 \text{ Ca}$. O cálcio precipitar-se-á nos oceanos em forma de calcita ou de aragonito (carbonato natural de cálcio) passando a compor parte do exoesqueleto de numerosos invertebrados marinhos. É exatamente desse processo de incorporação de cálcio nos esqueletos de diversos animais que, através dos períodos geológicos, se formaram os enormes depósitos sedimentares de carbonatos de cálcio (E. Ramade, 1974; annual Report, 1974).

(Figura nº 3 - Ciclo de Carbono, pag.A-245 vol. 2)

2.4.2.3.1- Perturbações no Ciclo do Carbono

Os hidrocarbonetos fósseis (petróleo, carvão turfa) que formam consideráveis massas de carbono mineral, raramente se encontram na superfície da litosfera e - não fosse a introdução e o engenho do homem - não interfeririam no Ciclo do Carbono. Muito ao contrário, representaria aquele percentual não circulante que corresponderia a

a um epiciclo. Acontece porém que a ciência posta a serviço da tecnologia, por sua vez a serviço do homem, permitiu que este injete na atmosfera grandes quantidades de carbono através da combustão de várias formas de carbono fóssil, perturbando - de forma crescente - o ciclo desse elemento. O carbono produzido industrialmente na forma de anidrido carbônico é comparável àquele produzido por todos os organismos da biosfera ou ao proveniente da respiração e fermentação de todos os seres vivos.

As consequências ecológicas de um possível desequilíbrio do Ciclo do Carbono são imprevisíveis à luz dos atuais conhecimentos. Um incremento de CO_2 na atmosfera que permita uma elevação de 2°C na temperatura média superficial do globo, seria catastrófica nas regiões litorâneas que teriam elevação de nível oceânico devido à fusão parcial das calotas polares... (F. Ramade, 1974).

2.4.3. Fontes de Nitrogênio. Fósforo e Gás Carbônico

A água é o solvente universal dos sólidos, mesmo dos sais de prata (P. Rondière, 1971; J. Mc Caull e J. Crossland, 1974).

"Na verdade, sanitariamente falando, o que chamamos de Água é uma série infinitamente variável de soluções aquosas de diferentes substâncias ou compostos químicos presentes na superfície do solo terrestre" (S.M. Branco e A.A. Rocha, 1977).

Assim é que - Semanticamente - Água Pura é uma hipérbole ou talvez mesmo um eufemismo... Dada a sua enorme capacidade de dissolver substâncias, mesmo em labora-

tório, é praticamente impossível obter-se água absolutamente isenta de impurezas.

As massas de água naturais, expostas ao ar, ou ao contacto com rochas, solos, matéria orgânica proveniente de de vegetais ribeirinhos, etc. contêm substâncias em solução, quer sob a forma iônica ou molecular ou - ainda - como mistelas coloidais e partículas em suspensão. Mesmo a água das nuvens contêm pequenas parcelas de sulfatos, cloretos, etc., que aumentam com a passagem das gotas, em sua queda sob forma de chuva através da atmosfera, onde se enriquecem com amônia, nitratos, etc (S.M. Branco, 1959, 1960, 1969, 1972, 1975, 1978; C.C. Amaral e Silva, 1972; J. Mc Caull e J. Crossland, 1974).

Dependendo da natureza geológica dos terrenos adjacentes, as águas arrastam sais minerais em diferentes quantidades mas elas não são, seguramente, os maiores contribuintes das impurezas das águas. As chuvas que caem sobre áreas urbanas não só retiram substâncias várias da atmosfera, como transportam aquelas depositadas em telhados e coberturas e, em seguida, procedem a uma lavagem superficial nessa área, carreando uma série grande de materiais que são para as águas receptoras. Dentre eles há quantidades variáveis de nutrientes dependendo do tipo de poluição atmosférica na área urbana, da natureza de seu solo e dos sistemas de transporte das águas pluviais até os corpos receptores (S.M. Branco, 1960, 1964, 1975, 1980; S.M. Branco e A.A. Rocha, 1977; M.L. Hess 1961; S.R. Weibel, 1969; D.D. Dunbar, 1966; F.L. Evans e E.E. Geldreich, 1968, apud C.C. Amaral e Silva, 1972, B.H. Dussart, 1977).

O crescimento e morte da vegetação circunvizinha das coleções de água colaboram significativamente com nutrientes, principalmente enxofre, fósforo e possivelmente cobre (U.M. Cowgill, 1977, 1981).

Efluentes de uma série grande de indústrias transportam, para os cursos de água, Nitrogênio, Fósforo, Carbono e uma quase inumerável série de elementos e substâncias químicas. Os combustíveis, carvão, óleo, petróleo, enriquecem a atmosfera de Nitrogênio e, conseqüentemente, o solo e as águas. Os esgotos industriais são, quase sempre, grandes poluidores do ar, do solo e da água mas - injustamente - vêm recebendo toda ou quase toda responsabilidade por problemas de desequilíbrio ecológico, por parte da desinformada população. A água é, em todas as civilizações, o repositório de dejetos de toda sorte; aliás receber despejos é um dos Usos Legítimos da Água. No entanto, cargas maiores que aquelas que os cursos de água podem receber e autodepurar, ou despejos tóxicos ou ainda ácidos ou básicos, aquecidos ou muito turvos, tudo isso pode trazer problemas de muitos tipos e de diferentes graus para os ecossistemas aquáticos.

A explosão demográfica que, de certa forma é conseqüência da tecnologia; a ciência a serviço da tecnologia e esta, por sua vez a serviço do homem numa sociedade industrializada, alteram - de modo significativo - o funcionamento do ecossistema humano de forma a neutralizar seu poder de homeostasia, rompendo seu equilíbrio dinâmico (E. Odum, 1959; S.M. Branco, 1966, 1978, 1980; F. Ramade, 1974; H.L. Golterman, 1975).

Decorrente disso, também os esgotos domésticos

têm seu volume aumentando em função crescente, a qual é dependente da variável Crescimento Populacional mas, depende também de outras variáveis, entre elas exigências cada vez maiores (nem sempre razoáveis ou necessárias!) do homem que é fruto de uma sociedade de consumo. Assim é que os esgotos domésticos se avolumam, se enriquecem, se agigantam mais rapidamente que o próprio incremento populacional que já é - de per si - explosivo.

Os esgotos domésticos contêm urina, fezes, papel, sabão, constituintes de detergentes sintéticos, restos de alimento, graxa, terra, cosméticos. A turbulência dos esgotos tende a desagregar papéis e fezes de tal modo que, ao chegar à Estação de Tratamento ou ao ser lançado in natura aos cursos de água, é uma suspensão pardo - acinzentada, com partículas que variam do tamanho coloidal (cerca de 17 a 20%) ao visível (F.R. Benn e C.A. Mc Auliff, 1981; J.C. Derisio e M.A. Perkins, 1981).

Carbono, Nitrogênio e Fósforo abundam nos esgotos domésticos onde, geralmente, a relação entre N e P é de 8: 1. As algas deles necessitam na proporção 20: 1, por isso, embora o fósforo esteja presente em concentrações bem menores que o Nitrogênio, pelo menos nas águas poluídas por despejos orgânicos, existe um saldo de fósforo em relação às exigências das algas. Assim, mesmo quando elas forem capazes de consumir quase todo o Nitrogênio presente, ainda haverá fósforo em quantidade suficiente para manter a floração - se houver novas fontes de Nitrogênio. Como este pode ser obtido a partir do ar atmosférico (por aqueles organismos que possuem a capacidade específica da denitrificação: como algas cianofíceas e bactérias), o fósfo-

ro pode ser considerado fator limitante indireto. O aumento do teor de fósforo nas águas, condiciona um aumento da fixação de Nitrogênio e, portanto, maior produção de microrganismos. Para fins práticos, se for feita remoção de Carbono, ou de Fósforo ou de Nitrogênio - ou ainda de luz - haverá um conseqüente decréscimo do número de algas, mesmo que o elemento removido não seja o fator limitante naquele dado momento. Acontece que as algas exigem Nitrogênio em quantidades muito maiores que Fósforo (quando há 30 vezes mais N que P há floração das águas) mas, elas são capazes de retirar Nitrogênio do ar e, então, remover Nitrogênio da água não resolverá o problema de proliferação das algas. Ao menos aquelas capazes de fixar Nitrogênio da atmosfera, estariam presentes nessas águas havendo pois uma simples substituição de gêneros de algas e não um controle de eutrofização (S.M. Branco, 1969, 1978, 1980)

Aliás, retirar nitratos da água é medida de Saúde Pública. Na França o Conselho Superior de Higiene e nos Estados Unidos a Associação Americana de Saúde Pública estabelecem que as águas de consumo público não devem conter em nitrato mais que 10 mg/l para recém nascidos e 50 mg/l para adultos. Águas com alto teor de nitrato podem causar Metemoglobinemia (por formação de quantidade maior de metemoglobina no sangue, podendo levar à cianose) (J. Capocchi, 1951; M.R. Rhmer e O. Lemaire, 1960; J.Mc Caull e J. Crossland, 1974) "mesmo porque diante de um teor elevado de nitratos, a água seria condenada para fins de potabilidade, pela presença de outros componentes que a análise deveria revelar (Taylor, 1949, apud J. Capocchi, 1961).

De acordo com o Water Quality Criteria, 1968, o li

mite recomendado é de 10 mg/l (N) de íon de nitrato mais íon de nitrito que também pode ser responsável pela produção de metemoglobinemia. Assim, a combinação dos dois íons constitui parâmetro mais satisfatório que o baseado apenas em nitratos (S.M. Branco, 1971, S.M. e A.A. Rocha, 1977). Os nitritos, formados no tubo digestivo podem ser transformados em Nitrosaminas que são potentes agentes cancerígenos (Rondest, 1972, apud F. Ramade, 1974).

Em lugares onde não há restrições para o uso de detergentes com fósforo, os esgotos domésticos - nos últimos 25 anos - têm sido enriquecidos por detergentes que contribuem com 30 a 40% do fósforo que entra no ambiente.

No início dos anos 70 havia 12% de fósforo nos detergentes, que contribuíam com 50% do fósforo dos esgotos domésticos, nos Estados Unidos (G.F. Lee, et alii, 1979). Hoje em dia, além dos rotulados detergentes para uso doméstico ou industrial, substancial parte dos shampoos, e dos sabões e sabonetes são ou contêm detergentes, pois são eficientes agentes de limpeza, o que os torna procurados no Mercado. Os detergentes possuem: um surfactante (agente superficial ativo que diminui a tensão superficial da água facilitando a remoção da sujeira devido a uma melhor penetração nos tecidos ou em superfícies quaisquer), agentes de controle de espuma, clarificantes, branqueadores, enzimas, silicatos, perfumes, borax, bacteriostatos e agentes anti-residuais. Possuem ainda um componente fosfatado que é essencial ao efeito de limpeza na ação do detergente porque: aumenta a eficiência do agente superficial; mantém em suspensão as partículas de sujeira que foram removidas de uma superfície; fornece alcalinidade necessária para uma

limpeza eficiente; abranda a água neutralizando minerais in desejáveis como ferro, cálcio e magnésio; contribui materialmente para a redução dos germes em roupas; emulsiona os resíduos oleosos e gordurosos (I.L. Newell e F.O.A. Almquist, 1960; Leonino Junior, 1973; F. Fukuda, 1974; B.H. Dussart, 1977; I. Hespanhol, 1978).

Os surfactantes aniônicos praticamente não são tóxicos, mas os alcoil - aril sulfonatos (contendo ABS) são ligeiramente tóxicos e resistem à decomposição biológica e, até mesmo pastas dentifríceas possuem detergentes aniônicos. (I.L. Newell, F.O.A. Almquist, 1960)

O consumidor, de quase todos os lugares, geralmente não está preocupado com a ecologia ou com a proteção do ambiente, a ponto de desistir de um detergente que facilita a limpeza e usar um sabão manufaturado caseiramente... apenas para não poluir as águas! O momento é de pressa e de eficiência e os detergentes lavam rápido e bem (até mesmo aqueles "camuflados" em sabões). Dentre os problemas que eles a carretam nas águas, o aumento do teor de fosfato não é o único, mas é bastante sério e, até o momento, não se substituíu o fosfato dos detergentes. Os esgotos se enriquecem de fosfatos e a eutrofização se amplia e se alastra.

A Fundação Parque Ecológico de São Paulo - que administra o Jardim Zoológico que possui cerca de 3000 animais entre aves, peixes, répteis e mamíferos - vem enfrentando sérios problemas com a deterioração da qualidade das águas dos seus lagos que recebem dejetos das jaulas e de recintos dos animais. Esses problemas são pois decorrentes da introdução constante de matéria orgânica que, entre outros agravos, provoca acúmulo de sais minerais nutrientes,

com floração de algas clorofíceas e cianofíceas, que formam um espesso caldo verde chegando a atingir - em alguns pontos dos lagos - alguns centímetros de espessura (A.A. Rocha e N. Narduso, 1975).

Nossos distantes antepassados do Paleolítico inferior, pouco numerosos, exerciam ação muitíssimo limitada sobre o ambiente. O fogo, primeira aquisição tecnológica do homem ainda no Paleolítico, provocou trocas importantes de comunidades vegetais de diversos lugares do globo. Utilizando o fogo e algumas técnicas de caça, o homem primitivo empobreceu sensivelmente a composição específica da fauna de grandes vertebrados. Mas foi no Neolítico que o homem exerceu real impacto sobre a biosfera, quando descobriu a agricultura - a segunda revolução tecnológica da humanidade - que condicionou todas as estruturas sociais das civilizações que se sucederam. Assim, o desenvolvimento da agricultura foi a primeira grande perturbadora da biosfera.

A agricultura se caracteriza pela eliminação da cobertura vegetal primitiva em grandes extensões, para dar lugar a um pequenino número de espécies, escolhidas pelo homem como melhor para sua alimentação.

Quando Nicholas de Cusa (1401-1406) sugeriu que as plantas absorviam constituintes do solo, não foi levado muito a sério. Duzentos anos mais tarde Van Helmont (1577-1644) assegurava que era a água que se transformara na planta das substâncias orgânica. Foi De Saussure quem aventou a hipótese que a "respiração" diurna da planta fosse um fenômeno de nutrição e em 1804 ele sugeriu que as cinzas dos solos eram essenciais para as plantas. Em 1840

Liebeg propôs sua teoria de alimentação mineral das plantas e o homem então começou a fazer a adubação mineral com certeza ou consciência científica mas com o mesmo sangue, ossos e esterco que os primitivos usaram... (C.J. Pratt, 1965, C.R. Brown, 1970; L.R. Brown, 1965; F. Ramade, 1974; E.J. Hewitt e T.A. Smith, 1975)

À medida que as primitivas técnicas de produção agrícolas e animal se tornaram mais eficazes, aumentando a produção de alimentos, a população começou a crescer mais rapidamente.

Provavelmente muito antes do homem "descobrir" a escrita ele percebeu o efeito de adubos orgânicos nas plantas que floresciam melhor onde houvesse excrementos e restos de cadáveres. Com o tempo os primeiros agricultores devem ter aplicado excrementos em suas culturas. Os primeiros colonos ingleses da América do Norte descrevem como os índios conseguiram aumentar substancialmente a produção de milho enterrando, junto aos pés das plantas, pequenos peixes. Na época medieval os camponeses europeus cultivaram trevo e outras leguminosas fixadoras de Nitrogênio junto às suas culturas. Depois vieram os adubos orgânicos, o guano, o esterco e até ossos recolhidos de campos de batalha... Finalmente o homem substituiu os adubos orgânicos por fertilizantes químicos do qual passou do uso ao abuso, muito depressa!

O abuso dos adubos químicos não só ameaça a saúde humana como compromete a estabilidade dos ecossistemas. As atuais práticas de fertilização com adubos minerais e a não reciclagem da matéria orgânica nos solos cultivados é uma ameaça para a fertilidade dos solos, devida não apenas à cumulação contínua de elementos tóxicos nos adubos químicos

como também às modificações físicas da estrutura dos solos. "Parece haver se desenvolvido um novo estado no qual os nitratos não são fornecidos da melhor forma às plantas pois a maior parte do nitrogênio colocado nos solos se denitrifica ou é arrastado por lixiviação... de tal forma que apenas 50% é absorvido pelas plantas" (B. Commoner, 1970, 1972 apud F. Ramade, 1974)

Por causa de suas pesquisas Commoner foi bastante criticado pelos fabricantes de fertilizantes e pouco ouvido pelos produtores. Além de perturbar os ciclos biogeoquímicos, os adubos desperdiçados no solo, que chegam às coleções de água através de águas de drenagem dos terrenos agrículturados, em muito contribuem para a Eutrofização (J.W. Biggar e R.B. Corey, 1969; F. Ramade, 1974).

Tanto o Nitrogênio amoniacal como os nitratos são muito solúveis por isso se estiverem na superfície do solo no início de uma chuva, serão dissolvidos e infiltrados no solo, restando poucas quantidades para serem carreadas, por escoamento superficial, até os cursos ou coleções de águas. Bem por isso as águas subterrâneas transportadas para esse lago poderão conter quantidades maiores de Nitrogênio solúvel. Com o fósforo acontece o inverso: aplicado ao solo ele tende a saturar sua solução nos locais de superfície onde se fixa. Ao ser carreado pelas águas de infiltração, mais fósforo se dissolve para manter a concentração na superfície (C.C. Amaral e Silva, 1972).

Preocupado em produzir, incentivado a comprar adubo e pouco esclarecido não só quanto às reais necessidades de fertilizantes, nossos agricultores desperdiçam adubo (e dinheiro) e, o que é pior, fertilizam as águas que irão pro-

duzir muito, sem que haja desbaste. Assim, os adubos são importante fonte de sais minerais nas águas.

Outra fonte de sais minerais nas águas de reservatórios é a não limpeza prévia da vegetação que fica afogada e enriquece a água de Nitrogênio e Fósforo, possibilitando uma rápida eutrofização (S.M. Branco, 1971; C.C. Amara e Silva, 1922)

"Faça na sua pesquisa somente aquelas perguntas que voce possa responder com as técnicas que pode usar. Se não for capaz de aprender a ignorar questões que não está preparado a responder definitivamente, voce jamais responderá pergunta alguma". (Kurt Lewin, Contemporâneo)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trabalhos de pesquisadores como Beadle, Burgin, Dubois, Entz, Ganf, Greenwood, Heron, Huchinson, Lund, Macan, Sckuber, Talling, Talling & Talling, versam sobre a Dinâmica Sazonal da Produção Primária, demonstrando haver evidência estatística que permite concluir a existência de uma relação entre crescimento de algas em lagos de climas temperados ou frio e "Estações do Ano", que são bem marcadas e bastante distintas em determinadas regiões. Há pouca informação sistematizada a respeito desse assunto em regiões de climas tropicais (Branco, 1964, 1982) mas, há observações que induzem acreditar que o mesmo não acontece em lagos tropicais. (S.M. Branco, 1964, 1982; E.M. Moraes, 1978; M.B. Xavier, 1979).

Por causa dessas observações e, porque afinal não possuímos no Brasil quatro bem distintas e marcadas Estações no ano, pensou-se ser provável haver um comportamento diferente para a produção de nossos lagos tropicais.

3.1- Metodologia Geral para Testar a Hipótese-Tema

Eutrofização é função de vários parâmetros os quais — em represas de clima temperado — devem exercer papéis quantitativa e ou qualitativamente diferentes dos que desempenham em represas de climas temperados. Nutrientes (e portanto adubo), pH, carbono, temperatura, intensidade luminosa, vento, chuva, radiação solar, etc., são algumas das variáveis intervenientes no processo. Observar, relatar e, se possível quantificar a influência dessas variáveis, é fornecer subsídios que possam contribuir para o controle de um dos mais preocupantes problemas de Engenharia Sanitária: a Eutrofização.

3.2- Critérios Adotados

3.2.1- Para escolha do Método de Quantificação

Os métodos para medir produção não são precisos e acurados. Algumas técnicas mais sofisticadas que a escolhida: contagem por campos, em câmara de Sedgwick-Rafter, inviabilizariam a pesquisa por motivos econômicos, sem lhe conferir razoável grau de maior precisão (P.S. Welch, 1948; S.M. Branco, 1964, 1969, 1978; C.R. Goldman, 1969).

3.2.1.1- Contagem de Algas

A contagem de algas é método muito simples: não requer sofisticação de equipamento, nem necessita "especialistas" para fazê-la. É portanto largamente utilizada em laboratórios os mais diferentes, em especial nos de Estações de Tratamento de Água e nos laboratórios de hematologia. Claro está que seria desejável a substituição da metodologia por várias mais precisas. Desejável, mas financeiramente inviável.

Saúde não é privilégio de alguns, a água é indispensável para a manutenção não só da saúde mas da vida, e buscar aprimorar as metodologias usadas por órgãos que atendam à população parece ser motivo ainda mais importante que o primeiro (nossa dificuldade universitária quanto a instrumental) para utilizar o mesmo equipamento e o mesmo método (rápido, barato e simples), apenas procurando maior precisão — sem correspondente aumento no uso do tempo e do dinheiro.

Na prática diária de controle de organismos em águas de abastecimento faz-se necessária rapidez no procedimento de técnicas para que seja assegurado um indispensável ritmo de produção contínua (S.M. Branco, 1969, 1978).

3.2.1.1.1- Método de Sedgwick-Rafter — (Palmer)

Em águas os microrganismos que se quer contar não estão, necessariamente, presentes em grande número e, portanto, podem não estar próximos um do outro. Já que a distribuição no espaço amostral não é uniforme pode se fazer necessária a contagem de um número muito grande de campos, mais que 10 por exemplo, para encontrar um organismo, principalmente se for água de represa eutrófica.

3.2.1.1.1.1- Contagem Total e por Amostragem

A Célula de Sedgwick-Rafter de largo uso em laboratórios, ou é uma lâmina escavada, de vidro, com a forma de uma pequena cuba, ou uma lâmina plana, de vidro em cuja superfície é colada uma moldura em relevo, forma prismática. Ambas são capazes de conter 1 mL de amostra; com 5 centímetros de compri-

mento, 2 de largura e 0,1 de altura, que deve ser coberta com uma lamínula (que tem o tamanho das lâminas comuns de laboratório). Usou-se lâmina emoldurada no presente trabalho.

Para se colocar água na célula, comumente se utiliza um conta-gotas para sua introdução pelo canto inferior esquerdo, conforme esquematizado na figura 4 (Célula de Sedgwick-Rafter e Avaliação da Precisão de Contagem de Algas A-246, Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras). É de hábito contar-se 10 campos ou, contar um "campo contínuo" com o comprimento da lâmina e com a largura igual ao diâmetro do microscópio; neste caso geralmente é escolhida a linha central da lâmina (S.M. Branco, 1969, 1978; C.M. Palmer; 1856, 1960; P.S. Welch, 1948).

Observa-se também que, via de regra, os laboratoristas contam abandonando os campos das bordas da lâmina, não utilizando o Charriot do microscópio como eixo de coordenadas para localizar, com o auxílio da Tabela de Números Aleatórios, os 10 campos que devem servir como amostra. O "acaso", tem sido a tendência de cada qual, buscando uma escolha, talvez errática, dentre os possíveis ou mais "fáceis" campos do microscópio.

Assim, esses 10 campos ao acaso através dos números aleatórios ou ao "acaso (sic)", ou ainda o uso da linha central como campo contínuo, pode não ser amostra representativa da população mililitro de água da Célula de Sedgwick-Rafter que possui cerca de 1316 campos (campo do microscópio = unidade amostral).

Naturalmente, aumentar o tamanho da amostra é melhorar sua representatividade, no caso da célula, em especial. Em se tratando de 1 ml de água que já foi retirada de uma amostra, por sua vez originária de outra massa de água, o ideal seria poder contar todos os campos da lâmina! Mas, além do problema tempo (que inviabilizaria o uso do método em Estações de Tratamento onde é importante agilizar), seriam introduzidos ou

tros tipos de erro, devido ao cansaço do operador e à probabilidade de se superpor certos campos ou parte de campos (trabalhando-se com um conjunto união como se fossem dois conjuntos) deixando de contar unidades amostrais ou parte delas. Ademais, há grande demora nessa exaustiva e improdutiva contagem surgindo problemas com a lâmina: pela deposição de algas, evaporação da água, embaçamento da lamínula, etc.

O mililitro de água da Célula de Sedgwick-Rafter precisa ser considerado uma nova população. E, seus campos, os elementos ou unidades amostrais. Assim: 10 campos, linha central ou outro novo critério, constituiriam o tamanho da amostra; decisão importante para melhor representatividade.

Para se decidir sobre o tamanho da amostra, a idéia foi microfotografar, com o Microscópio Nikon AFM, o maior reticulado possível da lâmina (possível, a nível técnico de — com segurança — localizar os pontos a serem fotografados. (Os pontos localizados são os centros dos campos) Figura 4 — Célula de Sedgwick-Rafter, avaliação da precisão de contagem de Plancton (A-246) — Volume II — ANEXOS — Tabelas e Figuras. Para encontrar na lâmina os locais que corresponderiam a cada ponto central do reticulado, usou-se o Charriot do Microscópio Nikon AFM.

Feitas duas lâminas com água de uma cultura de algas existente no laboratório, e fotografados todos os campos do reticulado, procedeu-se à contagem utilizando os negativos das fotos, colocadas em uma Leitora de Microfichas Belle Howell SR IV. As fotos reveladas não tinham nitidez (boa resolução) suficiente para uma segura contagem. Colocados na leitora de Microfichas Belle Howell SR IV havia boa visualização dos filmes, sendo seguro contar as algas dos diferentes campos.

O filme utilizado na câmara fotográfica do microscópio é quatro vezes maior que o microfilme que é utilizado na

leitora. Assim, foi preciso lê-lo em quatro etapas, com cuidado para dividir o filme em quatro quadrantes, localizando cada um deles no "screen" da leitora com o auxílio do carretel que gira o microfilme, que foi adaptado para tanto.

A somatória das algas dos quatro quadrantes (cada um deles retratados em uma folha de papel vegetal) representou a densidade de algas daquele determinado campo fotografado (unidade amostral) (Fig. 4 Célula de Sedgwick-Rafter e Avaliação da Precisão de Contagem de Algas).

Para haver possibilidade de corroborar dados foram utilizadas folhas de papel vegetal milimetrado, colocadas sobre o "screen" da leitora de microfichas nos quais — à medida que as algas iam sendo contadas — elas eram decalcadas com caneta colorida para ser possível uma outra contagem posterior, com nova cor de tinta. Para esse tipo de contagem com marcação (que aliás é bem mais rápido que a contagem ao microscópio) eram gastos 60 minutos, por unidade amostral, principalmente depois do primeiro mês de trabalho quando se conseguiu uma série de pequenos dispositivos como pesos para segurar o filme na posição desejada e etc. que, (pessoais e difíceis de serem descritos), serviram para agilizar. Provavelmente outras pessoas encontrariam outras maneiras de se "acomodar" para agilizar a tarefa.

São necessários cuidados com colocação do filme na leitora — por causa da inversão da imagem que é óbvia quando se utiliza um texto para leitura... mas difícil, quiçá improvável de ser percebida uma vez que a "constelação de estrelas" caoticamente arranjadas não sugerem inversão de imagens. Também são necessárias cautelas não só para "ajustar" realmente o quarto de filme a ser utilizado bem como evitar interromper a tarefa antes de terminado um campo pois, erros encontrados, (quando se conferiram os resultados) foram sempre naquelas pá-

ginas das contagens interrompidas. Por outro lado, verificar cálculos imediatamente depois da primeira contagem fazia certos erros passarem despercebidos, visualizados depois numa terceira etapa. Isso não aconteceu quando mediava tempo entre as contagens. Está claro que esse pode ter sido um problema pessoal que é relatado apenas como alerta, mesmo que seja para que outros encontrem situações exatamente opostas ou alguns não tenham problemas use que metodologia utilizar. Tendo sido, cre-se, o primeiro trabalho desse tipo e que teve preâmbulo de série de tentativas de ensaio e erro e de frustrações (de outros inclusive, e em outras épocas), este "sucesso" embora elaborado, dependeu também de um acerto de certa forma "acidental".

Parece conveniente alertar para essas falhas que poderiam ter sido cometidas não houvesse, (trabalhando à minha volta), uma série de pessoas de várias formações profissionais que deram opiniões elaboradas ou que, curiosos com a "parafernália" que cercava um trabalho "diferente" passaram das perguntas às sugestões, de questionador à questionado.

Durante o processo de contagem das duas primeiras câmaras (Célula 1 e 2) feitas com água de cultura de algas, surgiu uma pergunta: naquelas águas onde houvesse algas em densidade menor ou muito menor que a água dos ensaios, as algas distribuíam-se nas células de Sedgwick-Rafter com as mesmas tendências? Buscando uma resposta foram feitas mais quatro lâminas: duas diluindo cem vezes amostras de água daquela mesma cultura de algas (célula 3, 4) e duas com água da Represa do Lobo (célula 5 e 6) que é sabidamente oligotrófica. Com essas novas células foi usada a mesma sistemática das duas anteriores.

Os resultados das contagens dessas lâminas bem como os da linha central como "campo contínuo" podem ser vistos nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Tab. 1. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula nº 1 (A-1).

Tab. 2. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula nº 2 (A-6).

Tab. 3. Contagem de Algas de uma Cultura (diluída 10 vezes) - Célula nº 3 (A-11).

Tab. 4. Contagem de Algas de uma Cultura (diluída 10 vezes) - Célula nº 4.

Tab. 5. Contagem de Algas da Represa do Lobo - Célula nº 5 (A-21).

Tab. 6. Contagem de Algas da Represa do Lobo - Célula nº 6 (A-26).

Para comparar esses dados de contagem total, com resultados de 10 campos ao acaso, foram feitos (através do computador IBM-1130 e em linguagem Fortran) programas para calcular a média da contagem de 10 campos, com 100 repetições (100 extratos de 10 campos ao acaso), ou melhor dizendo foram extraídas, aleatoriamente, 100 diferentes amostras de 10 unidades amostrais cada, das quais se calcularam a média e o desvio padrão. (Os resultados constam das tabelas nºs. 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2).

Tab. 1.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-2).

Tab. 1.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula

1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso excluídos os elementos da 1^a linha e 1^a coluna) (A-3).

Tab. 2.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-7).

Tab. 2.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
2 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos da 1^a linha e 1^a coluna) (A-8).

Tab. 3.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-12).

Tab. 3.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1^a linha e 1^a coluna) (A-13).

Tab. 4.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
4 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-17).

Tab. 4.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
4 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1^a linha e 1^a coluna) (A-18).

Tab. 5.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
5 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-22).

Tab. 5.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula
5 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1^a linha e 1^a coluna) (A-23).

Tab. 6.1 Contagem de Algas por Amostragem - Célula

6 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-27).

Tab. 6.2 Contagem de Algas por Amostragem - Célula

6 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1a. linha e 1a. coluna) (A-28).

Dez campos ao acaso não é um bom tamanho de amostra, pois a média de 100 dessas amostras deram sempre erros da ordem de 50%, todos para menor. Também não é uma amostra representativa aquela constituída por 10 campos, ao acaso, das quais se despreze a 1a. linha e 1a. coluna, pois os resultados são, sistematicamente, ainda menores que os anteriores. É interessante observar que, aqui, os desvios-padrão são menores que os desvios das médias das contagens em que não foram desprezadas as bordas, provavelmente por não haver grandes discrepâncias entre amostras onde houvesse campos de borda (portanto maiores) e amostras sem campos de borda, (menores). Mas com essa magnitude de erro parece melhor cogitar não do erro, mas da amostra.

A contagem de uma linha central simulada, revelou-se melhor que a de 10 campos, vale dizer: a amostra de campo contínuo é mais representativa que a de 10 campos. Mas, surgiram duas questões: contar campo contínuo seria realmente necessário, (uma vez que o incremento de campos é grande e o de tempo também) ou haveria uma outra amostra com menor número de campos, que pudesse ser representativa da população?

Para ensaiar pensou-se em experimentar 21 campos, por ser o número de colunas do reticulado, ou seja, uma escolha que teria algo de semelhante à contar uma linha contínua de campos. Os resultados das médias de 100 extratos de 21 campos ao acaso (ou de 100 diferentes amostras com 21 unidades amostrais) parece ser uma amostra mais representativa. Se houver conta-

gens das primeiras linha e coluna haverá um erro grande para mais e, se as bordas forem desprezadas, haverá um pequeno erro para menos.

Como no segundo caso os desvios-padrão foram sempre menores, assumiu-se que a amostra teria o tamanho de 21 unidades, considerando o mililitro de água da Célula Sedgwick-Rafter como população, e como Unidade Amostral Campo do Microscópio porém, sem considerar os campos da 1a. linha e da 1a. coluna.

3.2.2- Para sistematização da Pesquisa

3.2.2.1- Metodologia e Equipamento

Para os experimentos de enriquecimento *in situ* utilizou-se a técnica de isolamento da água, empregando-se dez frascos de chapas de acrílico transparente, em forma de paralelepípedo, medindo 80 x 30 x 30 cm., sem tampa e com fundo. As chapas foram isoladas com cola de borracha de silicone, reforçadas externamente com cantoneiras de alumínio colocadas também nas arestas, na extremidade inferior e abaixo desta cerca de 10 cm.

Nas cantoneiras de alumínio foram feitos furos por onde passavam os cordéis de nylon que amarravam os referidos frascos no Estrado Flutuante colocado na Represa. Esse estrado foi construído com quatro tambores de metal (comumente usados para acondicionamento de óleos combustíveis), sobre os quais foi armado o estrado em tábuas de madeiras, reforçadas transversalmente com vigotas também em madeira.

Todo o conjunto foi revestido com zarcão (Ilustração, figura 5 - Estrado Flutuante para coleta de Amostras, pag. A-247, vol. II ANEXOS).

O Estrado Flutuante foi colocado na Represa em local de

facil acesso para os Laboratórios do CRHEA-EESC-USP, porém não prontamente acessível a "predadores", pois a Represa do Lobo é área de recreação das cidades circunvizinhas.

A detecção da luminosidade submersa foi efetuada com auxílio de um dispositivo simples porém eficiente o qual utiliza uma célula foto-transistor como sensor. O objetivo da utilização do dispositivo foi determinar até que profundidade se podia contar com praticamente a mesma quantidade de luz da superfície.

Para tanto usou-se um tubo de PVC graduado de centímetro em centímetro até 1,5 m. terminado numa curva em forma de "U" na extremidade inferior a qual continha o foto transistor. A luz, ao atingir a célula produz variação de resistência interna o que provoca o aparecimento de uma diferença de potencial que é amplificada pelo transistor BC 177 A como está esquematizado no circuito da figura nº 6 página A-248. A diferença de potencial amplificada produz deflexão no ponteiro do galvanômetro caracterizando-se assim a presença da luz. O ajuste do galvanômetro para uma determinada luminosidade era feito manipulando-se o potenciômetro para um valor apropriado de resistência de equilíbrio.

O referido circuito mostrou-se eficiente para operar em profundidades até 1,00 m., tendo-se conseguido, em todos os ensaios, o equilíbrio do ponteiro do galvanômetro até 0,80 m. de profundidade, após o que já se notava deflexão decrescente do ponteiro indicando diminuição de luminosidade.

(Ambos os equipamentos foram construídos no CRHEA por alunos do curso de graduação orientados por técnicos do laboratório).

3.2.2.2- Caracterização do Ecossistema de Estudo

A Represa do Lobo (Broa) pertence à Bacia Experimental do Rio Jacaré-Guaçu, um dos mais importantes afluentes do Tietê, que tem suas nascentes localizadas nos municípios de São Carlos (Ribeirão do Feijão) e Itirapina (Ribeirão do Lobo) e foi cedida pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), em comodato, à Escola de Engenharia de São Carlos, para que às suas margens fosse instalado um núcleo de apoio à Pesquisa: o CRHEA -EESC-USP Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada.

Situada, praticamente no centro do Estado de São Paulo, possui as características seguintes:

Latitude	22°, 51 s
Longitude	47°, 53 s
Altitude	705 m
Comprimento Máximo	7,5 km
Largura Máxima	2,2 km
Largura Média	0,9 km
Profundidade Máxima	12,0 m
Profundidade Média	3,0 m
Perímetro	21,0 km
Superfície	6,8 km ²
Volume	22 x 10 ⁶ m ³

Área de Drenagem da Bacia	4108 km ²
Índice de Compacidade	1,71
Índice de Conformação	0,24

3.2.2.2.1- Fenômenos Climatológicos: variáveis intervenientes no crescimento das algas

O objetivo precípua é diagnosticar e analisar que fatores contribuem para a Eutrofização de Represas em Climas tropicais. Os fenômenos climatológicos são variáveis intervenientes em todo processo vital e por isso foram analisados os dados de parâmetros climatológicos do Ecossistema Represa do Lobo.

O CRHEA, através de sua Estação Climatológica instalada junto à Represa, opera diariamente registrando:

- Precipitação Pluviométrica - medida com PLUVIOGRAPH-Fuess
- Horas de Insolação - registradas por SUNSHINE RECORDERS - Fuess 241, 0 -E
- Vento - Velocidade calculada com 2 anemômetros; junto à superfície do tanque e à 2 metros de altura com ANEMOMETERS R - Fuess
- Temperatura: mínima, máxima e média, através do THERMOMETER Fuess
- Radiação Solar - Intensidade Luminosa: calculada através da BIMETALLIC ACTINOGRAPH 58 dc R. Fuess

3.2.2.3- Influência de Nitrogênio e ou Fósforo no crescimento de Algas: ensaios de enriquecimento

Para os Ensaios de Enriquecimento, os frascos pendentes do Estrado Flutuante (fig. 4. A - 246) foram preenchidos com 600 litros de água da Represa e numerados com caneta de marcar transparência (número esse registrado em ficha no laboratório) (10.01.82).

Aos 13 de janeiro de 1982, adicionou-se:

Frasco I Controle - (nada)

Frasco II 0,3 mg/l N

Frasco III 0,6 mg/l N

Frasco IV 0,01 mg/l P

Frasco V 0,02 mg/l P

Frasco VI 0,3 mg/l N e 0,01 mg/l P

Frasco VII 0,6 mg/l N e 0,02 mg/l P

Nova adição aos 20.01.82 . Aos 11.02.82 os frascos foram encontrados transbordando, assim foram lavados, novamente preenchidos com água e enriquecidos com Nitrogênio e ou Fósforo.

3.2.2.3.1- Quantificação de Nitrogênio, Fósforo e outros parâmetros

Além da contagem de algas, na amostra, foram medidos outros parâmetros:

- Oxigênio Dissolvido - Usou-se o OD-TOA, modelo DO-IB, e através do Método de Winkler modificado pela Azida Sódica.
- pH - Medido no MICRONAL pH METRO 272.
- Nitrogênio Total - Para determinar Nitrogênio Total usou-se o Método do Nitrogênio total Kjeldahl.
- Fósforo Total - Determinado pelo Método do Ácido Ascórbico.
- Fósforo - Determinado fósforo total.

Para determinação de Nitrogênio Total, Fósforo Total e Fósforo, utilizou-se o ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS, da Varian.

As técnicas usadas são aquelas comumente utilizadas nos laboratórios de Pesquisa e Tecnologia, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and WASTEWATER (1976) e NTO 7 - Normalização Técnica de Saneamento Ambiental-CETESB (1978-1980).

3.2.2.4- Influência de Adubo em Crescimento de Algas

Para verificar a influência que adubos podem causar no desenvolvimento de algas, através das águas de drenagem dos terrenos agriculturados, plantou-se 1 hectare de milho em área da Bacia, porém distante da Represa. Seguindo toda a rotina do agricultor, nosso campo experimental foi desmatado, revolvido e enriquecido com adubo adquirido no comércio e utilizado conforme recomendações de bibliografia e da Casa da Agricultura.

Coletou-se água de drenagem desse campo experimental para se fazer ensaios com o objetivo de verificar a influência

de nutrientes no crescimento de algas.

3.2.2.4.1- Quantificação de N e P

A área de cultivo foi dividida em 4 sub áreas de 20 x 100 m espaçadas entre si 10 m. Em cada uma das faixas foi sulcada uma canaleta de drenagem e ao fim de cada canaleta se ajustou um balde de plástico comum para recolher água de drenagem.

Conforme orientação da Casa da Agricultura aplicaram-se diferentes quantidades de adubo para as diferentes sub áreas da área geral onde foi plantado milho. (Zea Mays).

O adubo foi utilizado da seguinte forma: nada na faixa I (Canaleta I = controle) e aos 09.11.81 , 25.11.81 e 30.03.83 na dosagem recomendada na faixa II (100 kg); na metade da dosagem na faixa III (50 kg); e no dobro da dosagem na faixa IV (200kg). Dosagem recomendada: 500 kg de 4-14-8 por ha de NP e K respectivamente.

Da água drenada do terreno e recolhida no balde se retirava amostras, para contagem de algas, que permitissem avaliar se o desenvolvimento seria diferente nos vários casos. Demais análises e exames de laboratório feitos segundo especificado no item 3.2.2.3.

3.2.2.5- Influência de Águas de Drenagem em Crescimento de Algas

A água recolhida de cada uma das canaletas foi transportada para os frascos descritos no item 3.2.2.1 de acordo com o esquema:

- CF I : água da canaleta I (sem adubo)
- CF II : água da canaleta II (adubo na dosagem recomendada)
- CF III : 50% de água da Represa + 50% de água da canaleta II
- CF IV : água da canaleta III (adubo na metade da dosagem)
- CF V : 50% de água da Represa + 50% de água da canaleta III
- CF VI : água da canaleta IV (adubo no dobro da dosagem recomendada)
- CF VII : 50% de água da Represa + 50% de água da canaleta IV

De certa forma se pretendeu simular a chegada em coleções de água, de adubos de solo agriculturado, através de águas de drenagem e verificar que tipo de influência teriam esses fertilizantes de solo em crescimento de algas, tendo-se feito a irrigação com aspersores, como é de hábito.

3.2.2.5.1- Quantificação de N e P provenientes de água de drenagem de terreno agriculturado

Foram feitos os mesmos exames e análises do item 3.2 .

3.2.2.5.2- Medida de Produção através de sólidos voláteis

Para avaliar um possível erro de Método mediu-se matéria orgânica (conforme se costuma fazer de praxe) através da análise de sólidos voláteis de acordo com: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1976) e NT 07 - Norma-lização Técnica do Saneamento Ambiental - CETESB (1978-1980).

3.2.2.6- Influência de Uso e Ocupação do Solo

3.2.2.6.1- Sub Bacias do Jacaré-Guaçu de influência na Represa do Lobo

Para se conhecer como está ocupado o solo da bacia de drenagem e o uso que dele se faz para, quantitativa e qualitativamente, avaliar a carga poluidora que através do solo da bacia pode (por ação de ventos, chuvas, águas de irrigação) chegar à Represa, foi aproveitado um nosso levantamento feito para uma pesquisa financiada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica.

Através de Dados de Registro em mapas e tabelas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Prefeituras e Casas de Agricultura, que como provas piloto, forneceram informações prévia-se teve certeza da influência de Dados Registros. Numa segunda etapa então, aquele trabalho requereu observação in loco para: verificar possíveis alterações quantitativas e qualitativas no uso do solo, plantações da região e que fertilizantes deveriam estar sendo usados e em que quantidade na região.

3.2.2.6.2- Quantificação de Adubo Utilizado

Conhecer a ocupação do solo é uma maneira de quantificar o agravo que o ecossistema possa estar recebendo, particularmente as águas circunvizinhas e, especialmente - por adubos.

Enquanto não há medida
não há Ciência. "Ernst
Rutherford (1871-1937)

4. RESULTADOS

4.1. Contagem de Algas

Os resultados de Contagem - Total e por Amostragem - em Célula de Sedgwick-Rafter, para escolha da melhor metodologia estatística de avaliação quantitativa do número de algas presentes em um mililitro de amostra de água, podem ser vistos nas Tabelas de Números 1 a 6 (abaixo relacionadas), constantes do Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-1 a A-30).

Tab. 1. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula 1 (A-1)

Tab. 1.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-2)

Tab. 1.2. Contagem de algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 10 campos ao acaso excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-3)

- Tab. 1.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 21 campos ao acaso) (A-4)
- Tab. 1.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 1 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-5)
- Tab. 2. Contagem de Algas de uma Cultura (sem diluição) - Célula nº 2 (A-6)
- Tab. 2.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-7)
- Tab. 2.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-8)
- Tab. 2.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 21 campos ao acaso) (A-9)
- Tab. 2.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 2 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-10)
- Tab. 3. Contagem de Algas de uma Cultura (diluída 10 vezes) - Célula nº 3 (A-11)
- Tab. 3.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso) (A-12)
- Tab. 3.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-13)
- Tab. 3.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 21 campos ao acaso) (A-14)
- Tab. 3.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 3 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-15)

Tab. 4. Contagem de Algas de uma Cultura (diluída 10 vezes)
- Célula nº 4 (A-16)

Tab. 4.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100
extratos de 10 campos ao acaso) (A-17)

Tab. 4.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100
extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os ele-
mentos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-18)

Tab. 4.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100
extratos de 21 campos ao acaso) (A-19)

Tab. 4.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 4 - (100
extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os ele-
mentos da 1ª linha e 1ª coluna (A-20)

Tab. 5. Contagem de Algas da Represa do Lobo - Célula nº 5
(A-21)

Tab. 5.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100
extratos de 10 campos ao acaso) (A-22)

Tab. 5.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100
extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os ele-
mentos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-23)

Tab. 5.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 (100
extratos de 21 campos ao acaso) (A-24)

Tab. 5.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 5 - (100
extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os ele-
mentos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-25)

Tab. 6. Contagem de Algas da Represa do Lobo - Célula nº 6
(A-26)

Tab. 6.1. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100
extratos de 10 campos ao acaso) (A-27)

Tab. 6.2. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 10 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-28)

Tab. 6.3. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 21 campos ao acaso) (A-29)

Tab. 6.4. Contagem de Algas por Amostragem - Célula 6 - (100 extratos de 21 campos ao acaso: excluídos os elementos da 1ª linha e 1ª coluna) (A-30)

Das tabelas nºs 1, 2, 3, 4, 5 e 6 consta o número de algas presentes em cada campo da respectiva célula de contagem, que é uma lâmina com área de 1000 mm^2 e capaz de conter 1 ml de água. Os campos das lâminas foram microfotografados com o aumento usual para contagens (objetiva 20 x e ocular 10 x, medindo aproximadamente $0,76 \text{ mm}^2$ cada campo).

Lâminas 1 e 2, feitas com água de uma Cultura de Algas, deram origem às Tabelas 1 e 2; lâminas 3 e 4, preparadas com água da mesma cultura - diluída 100 vezes - originaram as Tabelas 3 e 4. As Tabelas 5 e 6 expressam os dados obtidos através das lâminas 5 e 6, contendo água da Represa do Lobo.

Para cada uma das seis lâminas foram quantificados:

- Número total de algas presentes na amostra (1 ml de água) através de contagem também total de campos.

- Número total de algas avaliadas por amostragem. Unidade amostral = campo; tamanho da amostra: campos da linha central da célula (técnica dita "contagem de campo contínuo").

As tabelas 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1 e 6.1 expressam os valores obtidos por:

- Contagem total das algas em todo o espaço amostral.

- Avaliação por amostragem do número de algas nas células. Unidade amostral = campo; Tamanho da amostra = 10; Repetições = 100).

- Média aritmética ($\bar{X}$)

- Desvio Padrão (s)

Das tabelas 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, constam:

- Contagem total das algas em todo o espaço amostral.

- Avaliação, por amostragem, do número de algas nas células. Unidade amostral = campo. (excluídos o que compõe a 1.^a linha e 1.^a coluna) Tamanho da amostra = 10, Repetições = 100.

- Média Aritmética ($\bar{X}$)

- Desvio Padrão (s)

Para inferência estatística do número total de algas de cada célula, a partir da amostragem, o cálculo foi feito através da expressão:

$$\begin{array}{l} \text{Nº de algas} \\ \text{na célula} \end{array} = \frac{\sum \text{das algas contadas na amostra} \times 0,76 \text{ mm}^2}{10^3 \text{ mm}^2}$$

4.2. Levantamento Climatológico

4.2.1. Dados Climatológicos: Fonte: APT - CRHEA - EESC
- USP

Dados de climatologia coletados diariamente, de janeiro de 1980 a setembro de 1982, junto à Represa do Lobo, fornecidos pelo Automatic Picture Transmission CRHEA-EESC-USP, constam das Tabelas nº 7 a 117 Volume II ANEXOS: Tabelas e

Figuras (páginas A-31 a A-141).

Tab. 7. Precipitação: Altura Pluviométrica (mm) ano 1980
(A-31)

Tab. 8. Precipitação: Altura Pluviométrica (mm) ano 1981
(A-32)

Tab. 9. Precipitação: Altura Pluviométrica (mm) ano 1982
(A-33)

Tab. 10. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - janeiro de 1980 (A-34)

Tab. 11. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - fevereiro de 1980 (A-35)

Tab. 12. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - março de 1980 (A-36)

Tab. 13. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - abril de 1980 (A-37)

Tab. 14. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - maio de 1980 (A-38)

Tab. 15. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - junho de 1980 (A-39)

Tab. 16. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - julho de 1980 (A-40)

Tab. 17. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - agosto de 1980 (A-41)

Tab. 18. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - setembro de 1980 (A-42)

Tab. 19. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - outubro de 1980 (A-43)

Tab. 20. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - novembro de 1980 (A-44)

Tab. 21. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - dezembro de 1980 (A-45)

Tab. 22. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - janeiro de 1981 (A-46)

Tab. 23. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - fevereiro de 1981 (A-47)

Tab. 24. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - março de 1981 (A-48)

Tab. 25. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - abril de 1981 (A-49)

Tab. 26. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - maio de 1981 (A-50)

Tab. 27. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - junho de 1981 (A-51)

Tab. 28. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - julho de 1981 (A-52)

- Tab. 29. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - agosto de 1981 (A-53)
- Tab. 30. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - setembro de 1981 (A-54)
- Tab. 31. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - outubro de 1981 (A-55)
- Tab. 32. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - novembro de 1981 (A-55)
- Tab. 33. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - dezembro de 1981 (A-57)
- Tab. 34. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - janeiro de 1982 (A-58)
- Tab. 35. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - fevereiro de 1982 (A-59)
- Tab. 36. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - março de 1982 (A-60)
- Tab. 37. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - abril de 1982 (A-61)
- Tab. 38. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - maio de 1982 (A-62)
- Tab. 39. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - junho de 1982 (A-63)
- Tab. 40. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - julho de 1982 (A-64)
- Tab. 41. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - agosto de 1982 (A-65)
- Tab. 42. Vento: EVAPORAÇÃO (mm) - setembro de 1982 (A-66)
- Tab. 43. Vento: anemômetro do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - janeiro de 1980 (A-67)
- Tab. 44. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - fevereiro de 1980 (A-68)
- Tab. 45. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - março de 1980 (A-69)
- Tab. 46. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - abril de 1980 (A-70)
- Tab. 47. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - maio de 1980 (A-71)
- Tab. 48. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - junho de 1980 (A-72)

- Tab. 49. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - julho de 1980 (A-73)
- Tab. 50. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - agosto de 1980 (A-74)
- Tab. 51. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - setembro de 1980 (A-75)
- Tab. 52. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - outubro de 1980 (A-76)
- Tab. 53. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - novembro de 1980 (A-77)
- Tab. 54. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - dezembro de 1980 (A-78)
- Tab. 55. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - janeiro de 1981 (A-79)
- Tab. 56. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - fevereiro de 1981 (A-80)
- Tab. 57. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
km/h) - março de 1981 (A-81)
- Tab. 58. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - abril de 1981 (A-82)
- Tab. 59. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - maio de 1981 (A-83)
- Tab. 60. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - junho de 1981 (A-84)
- Tab. 61. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - julho de 1981 (A-85)
- Tab. 62. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - agosto de 1981 (A-86)

- Tab. 63. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - setembro de 1981 (A-87)
- Tab. 64. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - outubro de 1981 (A-88)
- Tab. 65. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - novembro de 1981 (A-89)
- Tab. 66. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - dezembro de 1981 (A-90)
- Tab. 67. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - janeiro de 1982 (A-91)
- Tab. 68. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - fevereiro de 1982 (A-92)
- Tab. 69. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - março de 1982 (A-93)
- Tab. 70. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - abril de 1982 (A-94)
- Tab. 71. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - maio de 1982 (A-95)
- Tab. 72. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - junho de 1982 (A-96)
- Tab. 73. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) julho de 1982 (A-97)
- Tab. 74. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - agosto de 1982 (A-98)
- Tab. 75. Vento: anemômetros do tanque e elevado a 2 metros
(km/h) - setembro de 1982 (A-99)
- Tab. 76. Temperatura (°C) - janeiro de 1980 (A-100)
- Tab. 77. Temperatura (°C) - fevereiro de 1980 (A-101)

- Tab. 78. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - março de 1980 (A-102)
- Tab. 79. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - abril de 1980 (A-103)
- Tab. 80. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - maio de 1980 (A-104)
- Tab. 81. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - junho de 1980 (A-105) *
- Tab. 82. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - julho de 1980 (A-106)
- Tab. 83. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - agosto de 1980 (A-107)
- Tab. 84. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - setembro de 1980 (A-108)
- Tab. 85. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - outubro de 1980 (A-109)
- Tab. 86. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - novembro de 1980 (A-110)
- Tab. 87. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - dezembro de 1980 (A-111)
- Tab. 88. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - janeiro de 1981 (A-112)
- Tab. 89. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - fevereiro de 1981 (A-113)
- Tab. 90. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - março de 1981 (A-114)
- Tab. 91. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - abril de 1981 (A-115)
- Tab. 92. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - maio de 1981 (A-116)
- Tab. 93. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - junho de 1981 (A-117)
- Tab. 94. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - julho de 1981 (A-118)
- Tab. 95. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - agosto de 1981 (A-119)
- Tab. 96. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - setembro de 1981 (A-120)
- Tab. 97. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - outubro de 1981 (A-121)
- Tab. 98. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - novembro de 1981 (A-122)
- Tab. 99. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - dezembro de 1981 (A-123)
- Tab. 100. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - janeiro de 1982 (A-124)
- Tab. 101. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - fevereiro de 1982 (A-125)
- Tab. 102. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - março de 1982 (A-126)
- Tab. 103. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - abril de 1982 (A-127)

- Tab. 104. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - maio de 1982 (A-128)
- Tab. 105. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - junho de 1982 (A-129)
- Tab. 106. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - julho de 1982 (A-130)
- Tab. 107. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - agosto de 1982 (A-131)
- Tab. 108. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - setembro de 1982 (A-132)
- Tab. 109. Horas de insolação - ano de 1980 (A-133)
- Tab. 110. Horas de insolação - ano de 1981 (A-134)
- Tab. 111. Horas de insolação - ano de 1982 (A-135)
- Tab. 112. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - ano de 1980 (A-136)
- Tab. 113. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - ano de 1980 (A-137)
- Tab. 114. Radiação solar: área do radiograma (cm^2) - ano de 1981 (A-138)
- Tab. 115. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - ano de 1981 (A-139)
- Tab. 116. Radiação solar: área do radiograma (cm^2) - ano de 1982 (A-140)
- Tab. 117. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - ano de 1982 (A-141)

4.2.2. Análise de Variância

Para verificar as tendências climáticas, os dados climatológicos constantes das Tabelas 7 a 117, foram reagrupados em semanas e em meses, para análise de Variância e Estudo Estatístico. Para os anos de 1980 e 1981 existem dados para as 52 semanas e os 12 meses do ano; mas para 1982 só constam dados de 39 semanas e de 9 meses pois os estudos fo-

ram encerrados aos 30.09.82.

4.2.2.1. Precipitação: Altura Pluviométrica (mm)

Das tabelas 118 a 123 constam os cálculos das quantidades, semanais e mensais das Precipitações medidas em mm (janeiro de 1980 a setembro de 1982) Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-142 a A-147).

A figura 8 representa graficamente as quantidades de precipitações pluviométricas (em ordenados) contra tempo (em abcissas), e a figura 18 faz a mesma representação, com tempo registrado em meses. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-250 e A-260).

Tab. 118. Precipitação: altura pluviométrica semana (mm)
- ano 1980 (A-142).

Tab. 119. Precipitação: altura pluviométrica mensais (mm)
- ano 1980 (A-143)

Tab. 120. Precipitação: altura pluviométrica semanais (mm)
- ano 1981 (A-144)

Tab. 121. Precipitação: altura pluviométrica mensais (mm)
- ano 1981 (A-145)

Tab. 122. Precipitação: altura pluviométrica semanais (mm)
1982 (A-146)

Tab. 123. Precipitação: altura pluviométrica mensais (mm)
- ano 1982 (A-147)

Fig. 8. Precipitação pluviométrica: Alturas semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-250)

Fig. 18. Precipitação pluviométrica: alturas mensais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-260)

4.2.2.2. Evaporação (mm)

Foram calculados Medianas, Médias e Desvios-Padrão da Evaporação (mm) para semanas e meses, de janeiro de 1980 a setembro de 1982. Os resultados podem ser vistos nas tabelas nºs 124 a 129. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras. (páginas A-148 a A-153).

As figuras 9 e 19 são, respectivamente, a representação gráfica: dos tempos em semanas e em meses (plotados em abcissas); tendo ambos - em ordenadas - a altura de evaporação em mm. (janeiro de 1980 a setembro de 1982). Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras, (páginas A-251 e A-261).

Tab. 124. Evaporação: médias semanais (mm) - ano 1980 (A-148)

Tab. 125. Evaporação: médias mensais (mm) - ano 1980 (A-149)

Tab. 126. Evaporação: médias semanais (mm) - ano 1981
(A-150)

Tab. 127. Evaporação: médias mensais (mm) - ano 1981 (A-151)

Tab. 128. Evaporação: médias semanais (mm) - ano 1982
(A-152)

Tab. 129. Evaporação: médias mensais (mm) - ano 1982 (A-153)

Fig. 9. Evaporação: médias semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-251)

Fig. 19. Evaporação: médias (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-261)

4.2.2.3. Vento (km/h)

Das tabelas 130 a 141: Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-154 a 165) constam: Médias, Medianas e Desvios-Padrão, da velocidade do vento (calculado em km/h,

em dois anemômetros: do tanque e elevado a 2 m) para semanas e meses de janeiro de 1980 a setembro de 1982.

As médias foram plotadas em gráficos que relacionam a velocidade (km/h) com tempo. A figura 10 traz em ordenadas os dados do anemômetro do tanque e em abcissas o tempo em semanas (janeiro de 1980 a setembro de 1982). A figura 11 tem em ordenadas os dados do anemômetro elevado a 2 m e em abcissas o tempo em semanas (janeiro de 1980 a setembro de 1982).

A figura 20 traz em ordenadas a média da velocidade dos ventos (km/h) medidos pelo anemômetro do tanque, e em abcissas o tempo em meses (janeiro de 1980 a setembro de 1981). A figura 21 retrata os mesmos eventos para o anemômetro elevado a 2 metros. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-252; A-253; A-262; A-263).

Tab. 130. Vento: anemômetro do tanque - médias semanais (km/h)
- ano 1980 (A-154)

Tab. 131. Vento: anemômetro do tanque - médias mensais (km/h)
- ano 1980 (A-155)

Tab. 132. Vento: anemômetro do tanque - médias semanais (km/h)
- ano 1981 (A-156)

Tab. 133. Vento: anemômetro do tanque - médias mensais (km/h)
- ano 1981 (A-157)

Tab. 134. Vento: anemômetro do tanque - médias semanais (km/h)
- ano 1982 (A-158)

Tab. 135. Vento: anemômetro do tanque - médias mensais (km/h)
- ano 1982 (A-159)

Tab. 136. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias semanais (km/h) - ano 1980 (A-160)

Tab. 137. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias semanais (km/h) - ano 1980 (A-161)

Tab. 138. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias semanais (km/h) - ano 1981 (A-162)

Tab. 139. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias mensais (km/h) - ano 1981 (A-163)

Tab. 140. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias semanais (km/h) - ano 1982 (A-164)

Tab. 141. Vento: anemômetro elevado a 2 metros - médias mensais (km/h) - ano 1982 (A-165)

Fig. 10. Vento: Anemômetro do Tanque, médias semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-252)

Fig. 11. Vento: Anemômetro elevado a 2 m; médias semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-253)

Fig. 20. Vento: Anemômetro do Tanque, médias mensais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-262)

Fig. 21. Vento: Anemômetro elevado a 2 m, médias mensais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-263)

4.2.2.4. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Os dados de temperatura foram agrupados em: Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas e reagrupados em semanas e meses, (janeiro de 1980 a setembro de 1982), para cálculo das Medianas, Médias e Desvios-Padrão. Eles podem ser vistos nas Tabelas 142 a 159. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-166 a A-183)

As figuras 12, 13, e 14, registram em abcissas tempo em semanas; as figuras 22, 23 e 24 o tempo em meses (janeiro de 1980 a setembro de 1982).

As médias das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) estão em ordendas, respectivamente: Temperaturas Mínimas figuras 12 e 22; Tempe-

raturas Máximas figuras 13 e 23 e Temperaturas Médias figuras 14 e 24. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-254, A-255; A-256, A-264, A-265, A-266).

Tab. 142. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1980 (A-166)

Tab. 143. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1980 (A-167)

Tab. 144. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1980 (A-168)

Tab. 145. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1980 (A-169)

Tab. 146. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1980 (A-170)

Tab. 147. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1980 (A-171)

Tab. 148. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1981 (A-172)

Tab. 149. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - média mensais - ano
1981 (A-173)

Tab. 150. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1981 (A-174)

Tab. 151. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1981 (A-175)

Tab. 152. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1981 (A-176)

Tab. 153. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1981 (A-177)

Tab. 154. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1982 (A-178)

Tab. 155. Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1982 (A-180)

Tab. 156. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1982 (A-180)

Tab. 157. Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1982 (A-181)

Tab. 158. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias semanais - ano
1982 (A-182)

Tab. 159. Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) - médias mensais - ano
1982 (A-183)

Fig. 12. Médias semanais das Temperaturas mínimas - (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-253)

Fig. 13. Médias semanais das Temperaturas médias (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-255)

Fig. 14. Médias semanais das Temperaturas máximas - (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-256)

Fig. 22. Médias mensais das Temperaturas mínimas - (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-264)

Fig. 23. Médias mensais das Temperaturas médias (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-265)

Fig. 24. Médias mensais das Temperaturas máximas (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-266)

4.2.2.5. Horas de Insolação

As tabelas nºs 160 a 165, contêm os dados das médias (semanais e mensais de janeiro de 1980 a setembro de 1982), calculados Medianas, Médias e Desvios-Padrão das Horas de Insolação. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-184 a A-189).

As figuras 15 e 25 registram em ordenadas as horas de insolação e, em abcissas, a figura 15 registra tempo em semanas e a figura 25 registra tempo em meses (de janeiro de 1980 a setembro de 1982). Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras, (páginas A-257 e A-267).

Tab. 160. Horas de insolação - médias semanais - ano 1980
(A-184)

Tab. 161. Horas de insolação - médias mensais - ano 1980
(A-185)

Tab. 162. Horas de insolação - médias semanais - ano 1981
(A-186)

Tab. 163. Horas de insolação - médias mensais - ano 1981
(A-187)

Tab. 164. Horas de insolação - médias semanais - ano 1982
(A-188)

Tab. 165. Horas de insolação - médias mensais - ano 1982
(A-189)

Fig. 15. Horas de insolação - médias semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-257)

Fig. 25. Horas de insolação - médias mensais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-267)

4.2.2.6. Radiação Solar (cal/cm^2)

Dos dados de Radiação Solar: Área do Radiograma (cm^2) foram calculados Medianas, Médias e Desvios-Padrão para semanas e meses de janeiro de 1980 a setembro de 1982 e foram registrados nas tabelas 166 a 171.

Os dados de Radiação Solar: Intensidade (cal/cm^2) foram agrupados em semanas e meses e efetuados os cálculos de

Medianas, Médias e Desvios-Padrão (de janeiro de 1980 a setembro de 1982) e constam das Tabelas 172 a 177. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-190 a A-201).

As figuras 16 e 26 plotam em ordenadas as médias de Radiação Solar: intensidade (cal/cm^2) e em abcissas o tempo: em semanas, na figura 16, e em meses na figura 26 (para janeiro de 1980 a setembro de 1982. Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras (páginas A-258 e A-268).

Tab. 166. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) médias semanais - ano 1980 (A-190)

Tab. 167. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - médias mensais - ano 1980 (A-191)

Tab. 168. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - médias semanais - ano 1981 (A-192)

Tab. 169. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - médias mensais - ano 1981 (A-193)

Tab. 170. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - médias semanais - ano 1982 (A-194)

Tab. 171. Radiação solar: área do Radiograma (cm^2) - médias mensais - ano 1982 (A-195)

Tab. 172. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias semanais - ano 1980 (A-196)

Tab. 173. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias mensais - ano 1980 (A-197)

Tab. 174. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias semanais - ano 1981 (A-198)

Tab. 175. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias mensais - ano 1981 (A-199)

Tab. 176. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias semanais - ano 1982 (A-200)

Tab. 177. Radiação solar: intensidade (cal/cm^2) - médias mensais - ano 1982 (A-201)

Fig. 16. Radiação solar: intensidade; médias semanais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-258)

Fig. 26. Radiação solar: intensidade; médias mensais (De janeiro de 1980 a setembro de 1982) (A-268)

4.3. Avaliação Quantitativa de Algas

4.3.1. Algas e Climatologia

Da Tabela nº 178 Variação da quantidade de algas em relação às características climáticas (Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras, páginas A-202 a A-207) constam: resultados dos cálculos (expressos em nº de algas/ml de amostra) da quantidade de algas em águas da Represa do Lobo e demais dados climáticos (período: de 01.04.1981 a 30.09.1982). A tabela 178 está retratada nas figuras 17 e 27 em que estão plotados alga contra tempo, respectivamente em semanas e meses.

Tab. 178. Variação da quantidade de algas: influência de nitrogênio e fósforo (A-208)

Fig. 17. Contagem de Algas da Represa do Lobo; médias semanais (De abril de 1981 a setembro de 1982) (A-259)

Fig. 27. Contagem de Algas da Represa do Lobo, médias mensais (De abril de 1981 a setembro de 1982) (A-268)

4.3.2. Influência de Nitrogênio e Fósforo no Crescimento de Algas

Os resultados de ensaios de enriquecimento de águas com Nitrogênio e ou Fósforo (para quantificar a influência no crescimento de algas) no período de janeiro a março de 1982 constam, juntamente com demais dados de climatologia, da tabela nº 179 Variação da quantidade de algas; influência de Nitrogênio e Fósforo (Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras; páginas A-208 e A-218). As figuras 28.1, 28.2, 28.3 e 28.4, trazem os resultados desses enriquecimentos. Em abcissas plotou-se tempo e em ordenadas o número de algas.

Tab. 179. Variação da quantidade de algas: influência de nitrogênio e Fósforo (A-208)

28.1. Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frasco controle (A-270)

28.2. Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Nitrogênio (mg de N por litro de água) (A-271)

28.3. Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Fósforo (mg de F por litro de água) (A-272)

28.4. Variação da quantidade de algas - influência de N e P. Frascos enriquecidos de Nitrogênio e Fósforo (mg de N e P por litro de água) (A-273)

4.3.3. Influência de Adubo no Crescimento de Algas

Na Tabela nº 180 Variação da quantidade de algas: Influência de adubo (Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras; páginas A-219 a A-227) encontram-se os resultados da Avaliação da influência que adubos exercem no crescimento de algas colhidas no terreno de plantio, bem como dados climatológicos. (Período: novembro de 1981 a março de 1982). As figuras 29.1,

29.2, 29.3 e 29.4 expressam a Tabela 180 trazendo nas abcissas o tempo, e em ordenadas as quantidades de adubos colocados no terreno agriculturado.

Tab. 180. Variação da quantidade de algas: influência de adubo (A-219)

Fig. 29.1. Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta controle (A-274)

Fig. 29.2. Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta com adubo na dosagem recomendada (A-275)

Fig. 29.3. Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta com adubo na metade da dosagem recomendada (A-276)

Fig. 29.4. Variação da quantidade de algas - influência de adubo. Canaleta com adubo no dobro da dosagem recomendada (A-277)

4.3.4. Influência de Águas de Drenagem de Terrenos Adubados, em Crescimento de Algas

De março a maio de 1982 foram feitos ensaios com águas de drenagem de terrenos agriculturados. Os resultados da variação populacional de algas nessas águas constam, juntamente com dados climatológicos, da tabela nº 181 Variação da quantidade de algas: águas de drenagem de terreno adubado, (Volume II - ANEXOS: Tabelas e Figuras, páginas A-228 a A-240 retratada nas figuras 30.1, 30.2, 30.3 e 30.4, em que figuram crescimento de algas contra tempo.

Tab. 181. Variação da quantidade de algas; águas de drenagem de terreno adubado (A-228)

Fig. 30.1. Variação da quantidade de algas: águas de drenagem
CFI Frasco com água da canaleta (Controle) (A-278)

Fig. 30.2. Variação da quantidade de algas; águas de drenagem
CFII Frasco com água da canaleta II (adubo na dosagem recomendada)
CFIII Frasco com água da canaleta II (50% de diluição) (A-279)

Fig. 30.3. Variação da quantidade de algas; águas de drenagem
CFIV Frasco com água da canaleta III (adubo na metade da dosagem recomendada)
CFV Frasco com água da canaleta III (50% de diluição) (A-280)

Fig. 30.4. Variação da quantidade de algas: águas de drenagem
CFVI Frasco com água da canaleta IV (adubo no dobro da dosagem recomendada)
CFVII Frasco com água da canaleta IV (50% de diluição) (A-281)

4.3.5. Produção, em Laboratório, de Amostras Drenadas de Terreno Agriculturado: Sólidos Voláteis (mg/l)

A Tabela 182 Produção, em Laboratório, de Amostras de Águas Drenadas de Terreno Agriculturado, traz os resultados obtidos com medidas de Sólidos Voláteis, para avaliação de Matéria Orgânica - portanto de produção - para comparação com os dados de produção obtidos por contagem de algas.

Tab. 182. Produção, em Laboratório, de Amostras de Águas Drenadas de Terreno Agriculturado (A-241)

4.4. Agricultura na Bacia do Rio Jacaré Guaçu, Influência nas Águas da Represa do Lobo

Levantamento feitos através de Registros Corroborados In Loco - nas sub-bacias de influência nas águas da Represa do Lobo - permitiram avaliar, quantitativa e qualitativamente, as áreas agriculturadas. Os resultados constam da Tabela nº 183 Agricultura na bacia do Jacaré-Guaçu: sub bacias da zona de influência na Represa do Lobo (Broa) (A-242).

"O que caracteriza o julgamento moderno é que não se julga a partir de critérios, mas ao julgar criam-se critérios. Na leitura como na escritura o julgamento é uma questão de invenção." (Leila Moisés - contemporânea)

5. DISCUSSÃO

5.1- Amostragem e Quantificação

Da Represa do Lobo — Universo desta pesquisa — a População Água dita População Hipotética, só é possível de estudos através de Amostras. No Planejamento desta etapa de trabalho definiu-se Alga como Unidade Amostral. Por força das circunstâncias é impossível se colher água de uma represa através de Amostragem Probabilística sendo necessária Amostragem não Probabilística, ou seja, aquela em que é desconhecida a probabilidade de seleção de cada amostra da população, pois a amostra só pode ser colhida daquela parte da população prontamente acessível.

Em amostragem não probabilística não se pode estimar

o erro de amostragem, pois não se pode calcular o erro padrão do estimador e, claro, não se pode determinar que tamanho de erro deveria ser tolerado nem o grau de precisão desejado. Para reduzir a incerteza (a que estão sujeitos todos os levantamentos e experimentos feitos com amostras) desta pesquisa foi decidido utilizar amostras maiores que as comumente coletadas, e em grande número, quer para a Contagem de Algas propriamente dita, quer para o tempo, em meses, quer para a repetição de exames físicos e análises químicas***** (E.B. Mode; R.M. Spiegel, 1972).

5.2- Contagem de Algas em Célula de Sedgwick-Rafter: Avaliação da Precisão dos Métodos

Desde 1977 o grupo de trabalho do Laboratório de Hidrobiologia do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos da USP, se preocupa com utilizar, de maneira a mais nacional possível, a Célula de Sedgwick-Rafter. Por Uso Racional entende-se aqui a escolha do melhor dos dois métodos tradicionalmente usados: 10 campos ao acaso ou campo contínuo; e, ainda, a pesquisa de nova sistemática de escolha de campos.

Nosso grupo cogita do problema há alguns anos, instados pelo Professor Samuel Murgel Branco que, no uso constante da câmara de contagem, subjetivamente constatou não haver critério de homogeneidade na distribuição das algas no espaço amostral da célula, e nos colocou as seguintes perguntas:

- haveria realmente uma tendência das algas se con-

***** Anotações de aula do Curso de Amostragem, a Nível de Pós Graduação, ministrado pela Profa. Dra. Eunice P. de Castro Silva, na Faculdade de Saúde Pública da USP, em 1974.

centrarem em cantos e bordas da câmara?

- 10 campos seria um número bom para o tamanho de amostra?

- contar 10 campos sem critério de "localização" ou com critério de escolha não casual (tendência do laboratorista) seria estatisticamente aceitável?

- e 10 campos contados realmente ao acaso?

- no caso do uso do Método de Contagem em campo contínuo, seria válida a escolha de uma faixa central longitudinal?

- no caso de contagem em campo contínuo seria preferível usar, não a câmara de Sedgwick-Rafter, mas uma lâmina quadrada onde seriam contadas duas faixas em cruz?

Estes problemas e outros mais a respeito da câmara de contagem nos foram "transferidos" para uma possível solução.

Várias tentativas foram feitas, pelo grupo, para contagem total da lâmina visando a busca de um "Modelo Matemático" para escolha dos campos de contagem: escolha do tamanho da amostra e de localização especial. É provável que o tema seja assunto, não para uma ferramenta de trabalho, mas para uma dissertação de mestrado...

Não foi possível, nesta pesquisa, encontrar respostas para todas as perguntas, mas — numa tentativa de melhorar o grau de precisão minimizando erros — pequena parte do trabalho foi realizada constatando que, 10 campos ao acaso (realmente ao acaso através da Tabela dos Números Aleatórios) não constituem amostra representativa da População Água da Célula de Sedgwick-Rafter.

5.2.1- Contagem por Amostragem de 21 Campos ao Acaso

A decisão de aumentar o tamanho da amostra quando se verificou que 10 campos do microscópio não necessariamente representavam a população, levou à escolha do tamanho 21 para as unidades amostrais (unidade amostral campo do microscópio, e população ml de água contido na Célula de Sedgwick-Rafter). Naturalmente, quanto maior a amostra menor a incerteza e mais tranqüila a escolha do grau de precisão desejável. Na prática, no entanto, por uma questão de tempo é inviável se proceder a uma contagem muito grande de campos. Ademais isso, mesmo que possível, não seria realmente necessário uma vez que a estimativa do número de algas presentes no mililitro da célula e (— por inferência — contidas na Represa), não necessita de precisão muito grande.

Pequenas oscilações do número de algas ou mesmo oscilações ou erros da ordem de 20% não devem causar temor quando se está avaliando as condições da água. Isto porque é preciso um incremento muito grande de algas para que as condições da água — a nível sanitário — sejam significativamente alteradas. Oscilações pequenas sejam elas reais ou provenham de erros na contagem, não alterarão as decisões do uso da água. E, no caso, pequeno é um erro de até 20% (S.M. Branco, 1960, 1969, 1978; C.M. Palmer, 1960).

Por outro lado, quando a água é eutrófica e a densidade populacional muito grande, não só não seria recomendável contá-las por este processo como, qualquer erro seria grave já que qualquer incremento (5, 10, 15 ou 20%) em números absolutos, seria grande também e totalmente inaceitável: não o erro, o incremento.

Em qualquer situação de Saúde Pública parece que é preferível ser rigoroso que complacente, então, esta Metodolo-

gia de contar 21 campos é mais rigorosa e poderia ser utilizada com mais segurança nos próprios laboratórios de Estação de Tratamento.

No caso da pesquisa, foi desejável uma maior precisão de estimativa e, se ao contar 21 campos tiver havido um erro de avaliação também maior que a real, isto deverá ter acontecido para qualquer das amostras indistintamente, já que sempre se contou 21 campos, sempre ao acaso, através dos dígitos Aleatórios, o que induziria a um erro do tipo I, dito de 1a. espécie: rejeitar uma água que tivesse condições de ser usada.

Ao desprezar as bordas superior e esquerda, vale dizer, os elementos presentes nas unidades amostrais da primeira linha e primeira coluna, é importante que se pré-determine qual é a posição da lâmina para que ela seja colocada ao microscópio tendo à direita e em baixo o canto inferior direito, por onde se introduziu a água com auxílio do conta-gotas. Está claro que se a lâmina for feita por um canhestro, para quem é mais fácil a introdução pelo canto inferior esquerdo, as bordas a serem desprezadas serão a superior, (1a. linha) e da direita (21a. coluna).

5.3- Características Climáticas da Represa do Lobo e da Região

O CRHEA-EESC-USP faz levantamento sistemático de parâmetros que caracterizam a região e, particularmente, caracterizam a Represa do Lobo pois a Estação Meteorológica se localiza às suas margens, onde estão colocados os instrumentos.

Esta pesquisa - no campo - teve início em abril de 1981, quando se iniciaram as contagens sistemáticas das algas e foi encerrada em setembro de 82, cobrindo um tempo de 18 meses.

No entanto foram analisados dados climatológicos de

janeiro de 1980 a setembro de 1982. Isto porque se, por hipótese, sazonalidade não é o único fator determinante no desenvolvimento de algas da Represa do Lobo (e, provavelmente, de Represas de Climas Tropicais), a favor da segurança houve conveniência de verificar — através de três anos — se características climáticas seriam semelhantes ou seja, se os parâmetros teriam flutuações com as mesmas tendências a cada doze meses, pois não tendo estações bem marcadas e definidas haveria probabilidade de se trabalhar em um período não representativo mesmo com 18 meses que é um tempo relativamente grande.

E realmente, para estações mal definidas e não bem marcadas, com flutuações pequenas em quase todos ou em todos os parâmetros observados durante o correr do ano, não é seguro relacionar parâmetro climático com a mesma "propriedade" que o fazem os pesquisadores que trabalham com represas de climas temperados. Climas temperados não só diferem do nosso por possuir realmente quatro bem distintas estações nas quais fatores climáticos (como temperatura, vento, horas de insolação, intensidade luminosa, chuva, etc.) são características para cada época, como — (e isto parece ainda mais importante) — há grandes flutuações na amplitude de variação dos máximos e mínimos valores desses parâmetros. Assim, eles mantêm flutuações realmente estacionais porém sem "picos" ou "vales"; ao contrário, originando curvas "suaves", "nítidas", "cíclicas". Analisando-se os pontos observados e os pontos calculados para traçar a curva, verifica-se que há boa aderência "visual" e que o "ritmo" dela se mantém ano após ano. Vale dizer que é fácil ver a sazonalidade retratada nessas curvas. Sazonalidade: Primavera, Verão, Outono, Inverno.

Bem por isso, plotados em gráficos, os parâmetros climáticos de uma região temperada, originaram curvas que podem ser ditas harmônicas ou pelo menos "harmoniosas". É fácil

constatar isso em um gráfico de fator climático contra tempo em meses, através de três anos (esteja no eixo Y: temperatura, intensidade luminosa, ou radiação solar, ventos, etc). Cada um dos gráficos refletirá uma certa tendência, mas todas muito típicas, semelhantes para diversas regiões com climas temperados.

Algo extremamente diferente acontece em nosso País Tropical. Uma observação empírica, subjetiva, assistemática — mais sentida que pensada — faz lembrar nossos "veranicos", as "ondas quentes" em alguns junhos e julhos, certas noites frias em alguns dezembros; madrugadas friorentas durante o ano quase inteiro... Bom, frio e friorenta para nosso referencial, porque o europeu aceitaria 16 °C como fim de outono, início de primavera mas não como frio, como inverno.

E não é questão de semântica, é dúvida sobre propriedade de posicionamento para metodizar trabalhos: é o uso correto do termo Sazonalidade em trabalho científico.

Sazonalidade não é palavra dicionarizada em português; mas Sazão, Sazonar, Sazonal e Sazonada constam dos dicionários. Tanto quanto suas correspondentes em francês, italiano, espanhol e mesmo inglês, a palavra Sazão é originária do latim Satione - Sationis que significa: fruto, sementeira, frutificação, tempo certo para colheita.

Sazão é época do ano durante a qual é feita determinada atividade agrícola; terreno propício a alguma coisa; quadra provável. O sinônimo de Sazão é Estação do ano que, por sua vez, significa: períodos do ano que se distribuem entre si pelas características climáticas: Primavera, Verão, Outono, Inverno.*****

*****Comunicação pessoal com Maria Heloiza Martins Dias e Judith Bruno de Arruda Bruno, Professoras de Português.

Que poderá significar então Sazonalidade?

- As quatro periódicas estações do ano ou Época em que é feita determinada tarefa agrícola.

Se em um trabalho científico correção gramatical é, pelo menos desejável, precisão de terminologia é, no mínimo, indispensável. Não é questão apenas de semântica, nem arroubos de literatura; é preocupação com interpretações, ainda mais atualmente que, as comunicações a cada dia facilitam a pesquisa bibliográfica através das ditas Palavras-Chaves. Mais que isso é, recordando Voltaire, definir termos que possam ter dois significados mormente se um deles é de uso corrente, mas para situações que não possuímos.

Sazonalidade para designar quatro periódicas estações do ano não é nosso caso.

Os trabalhos de pesquisa científica naquelas regiões temperadas com muitos estudos de lagos e represas temperados, costumam tratar das estações do ano ou, mais comumente, subdividem coletas de dados de pesquisas em duas etapas sazonais: Verão e Inverno. (Claro são as estações opostas com as características mais distintas, que das maneiras mais diversas influem nos processos vitais).

E nós? Podemos subdividir, classificar e retular nos sos períodos de trabalho em Verão e Inverno? Não estaremos com parando variáveis diferentes, inverno tropical com inverno tem perado? Serão o inverno de região tropical e Sazonalidade figu ras de linguagem? Eufemismo? Hipérbole da língua? Neste caso não seria necessário usar esses termos entre aspas?

Na segunda hipótese, emprestar à Sazonalidade a cono tação de época em que é feita determinada tarefa agrícola muda o enfoque da problemática e, principalmente abandonam-se os pa drões de comparação...

Estas questões surgiram ao se fazer revisão biblio-

gráfica e as dúvidas se tornaram sólidas por encontrar ressonância em uma conferência sobre Eutrofização de Reservatórios Brasileiros apresentada em Reunião da Unesco, no "Meeting on Control of Eutrophication", Laxemburgo, Austria, 1981, em que os autores comentam a dissemelhança entre os picos na Primavera da biomassa de algas em lagos temperados, e a produção de algas, praticamente uniforme, durante o ano todo em águas tropicais — onde há produção alta e contínua de biomassa. Aventam a hipótese que nos lagos de regiões tropicais as flutuações das quantidades de algas estejam antes relacionadas ao uso do solo, ou mais precisamente a fatores outros como uso do solo, poluição por águas residuárias, transporte por chuvas de partículas em suspensão, operações do sistema hidráulico, etc., que propriamente a fatores climáticos (S.M. Branco, W.C. Branco, 1981).

5.3.1- Precipitação Pluviométrica

Os gráficos 8 e 18 trazem os pontos que representam respectivamente as precipitações semanais e mensais, de janeiro de 1980 a setembro de 1982. No gráfico referente a semanas (figura 8) vê-se pontos de máxima em "picos" para 1980: 5ª e 50ª semanas; para 1981 o mais elevado pico para a 3ª semana e pico alto na 40ª semana; para 1982 não há o mesmo tipo de distribuição sendo que há chuvas mais ou menos constantes nas 12 primeiras semanas. A visualização melhora na fig. 18, com as alturas de chuvas plotadas em meses: ficam mais "gritantes" os pontos de máxima e parece não ser aconselhável traçar curva entre esses pontos. Na realidade nossa "Sazonalidade" não vai muito além das chuvas ou seja, como Estação possuímos realmente duas: De Chuvas e de Secas, compreendidas geralmente por chuvas no último mês de um ano até o 1º ou 2º mês do ano seguinte e de estiagem entre julho e setembro. Mas a seca ou as chuvas costumam

mam ser mais longas ou mais curtas defazando um mês ou mais da média dos anos inteiros.

As chuvas têm importante papel na dinâmica de populações das águas, menos por seu papel "diluidor" e carreador de partículas presentes na atmosfera quando de seu trajeto e, isto sim, mais como veículo de transporte de material químico, orgânico e ou inorgânico, depositado no solo. Em sendo assim as águas das chuvas influirão em muitas das características das águas de uma represa e, portanto, de sua produção. O transporte horizontal de matérias orgânica e inorgânica em solução; a erosão que é o carreamento de finas partículas em suspensão deslocando solo das regiões mais altas para os vales e para coleções de águas, alteram profundamente as águas das represas, modificando cor, turbidez, pH, etc. Uma série grande de poluentes tem acesso aos cursos d'água por ação das chuvas: inseticidas, adubos, corretivos do solo, acaricidas. Na dinâmica das populações de algas, todas essas substâncias vão influir de alguma forma e, seguramente, os adubos estarão na vanguarda. Os indivíduos que compõem a População Água da Represa são profundamente influenciados pelas chuvas, mas não simplesmente pelas quantidades que caem num dia ou no dia anterior. Analisar o incremento ou decréscimo populacional assim, é ser simplista, parece.

As primeiras águas de uma chuva intensa arrastam mais material em suspensão que as chuvas subsequentes que encontrarão o solo "lavado". Essa quantidade de material depositado no solo será proporcional ao período de seca. Então, as águas de chuva podem atuar de dois modos que, podem até ser opostos, mas que se não o forem, serão pelo menos diferentes. Senão vejamos: Se após um longo período de estiagem a chuva vier "mansa" gradativa e constante ou crescendo lentamente, o material depositado no solo também será arrastado aos poucos. O efeito impac-

tante nas águas será, portanto, minimizado. Ademais a influência da chuva será menos direta ainda porque as consequências de sua chegada nas águas vai depender da qualidade e da quantidade de poluentes. Assim é que chuvas semelhantes podem causar efeitos diferentes em represas que tenham suas bacias de drenagem com diferentes ocupações e uso dos solos. Mais ainda, pode até haver duas represas circundadas com a mesma área agriculturada com semelhante tipo de solo, de declividade, etc, que, recebendo embora chuvas de mesma intensidade — no mesmo dia — sofram diferentes influências das águas drenadas. É fácil perceber que os tipos de agricultura também vão influir não só pelo tipo e quantidade de adubos, por exemplo, que utilizem, mas também pela época e quantidade em que ele foi colocado no solo. Se foi pouco antes da chuva — ele será mais facilmente carregado por não estar incorporado ao solo e se o agricultor (desavisado, preocupado, "financiado") exagerar na aplicação de fertilizantes, o problema se avolumará.

Assim é que a chuva, como altura pluviométrica apenas, não pode explicar grande parte das alterações da dinâmica de populações da População Água.

Chuvas fortes, que carreguem adubo em grande quantidade ou que levem adubo e outros materiais, podem de tal forma turvar a água que dificulte ou até impeça penetração da luz e, ao menos naquele período, os nutrientes não irão causar eutrofização.

Uma série de outras situações podem ser imaginadas e, provavelmente, muitas delas acontecem. Estimá-las não é fácil. Mas, prevê-las — fácil ou não — é preciso que se tente.

5.3.2- Evaporação

Dos dados de evaporação, medida pela Estação Meteorolo

10 a 42, pág. A-34 a lesvios-padrão sem a A-153). Plotados ranha distribuição caótica que não sugerem tendência alguma. Interessante é notar que, as médias mensais, agrupando pontos, diminui o espalhamento, mostrando alguma periodicidade entre os meses de junho e julho de 80 e 81; já em 82 esse mínimo cai muitíssimo e seria impossível pensar em correlacionar esses dados com algo periódico. Pontos de máxima em fins de 80 e início de 81; outros picos diversos e vales também. Realmente a variável Evaporação não tem grande significado a nível de dinâmica populacional de algas mas, percebe-se que este parâmetro não tem ciclicização harmoniosa (Fig. 9 e 19 pág. A-251 e A-261).

5.3.3- Vento

O levantamento de dados da velocidade de ventos é feito com 2 anemômetros: um elevado a 2 metros e outro em tanque. Nas tabelas n.ºs. 43 a 75, págs. A-67 a A-99 constam dados da Estação Climatológica. No caso de estudo de lagos e represas, ambos são significativos. Vento é um fator importante por movimentar as massas d'água trazendo à tona nutrientes, oxigenando as águas devido a agitação, etc.

Agitando as águas o vento pode trazer nutrientes dos sedimentos do ecossistema aquático, mas há outra ponderável participação na eutrofização: carrear uma série de partículas do solo e da atmosfera levando para as águas grandes quantidades de nutrientes. Isso é particularmente significativo nas épocas de seca, quando há queimadas, e exatamente quando venta muito. Nas regiões canavieiras, entre os meses de junho a setembro e às vezes até outubro, ainda é muito usual a queimada (quer de

colheita manual ou com ceifadeira) que cobre de fuligem áreas extensas. Nessa época, principalmente nesta nossa região de cerrado, de planalto, de agricultura "primitiva" e com fortes ventos, eles devem exercer mais que a ação de turbulento das águas, devem ser o perturbador do ecossistema aquático por introdução de nutrientes do solo. Assim o vento terá esse papel adicional dependente do uso do solo na bacia.

Portanto, relacionar um ponto de máxima ou buscar tendências das curvas que ele possivelmente descreva, não explicam uma série de fatos. Sua ação é complexa e, frequentemente, incomensurável e ou imponderável (Tab. 130 a 141, pág. A-154 até A-165).

5.3.4- Temperatura

Das temperaturas, mínimas, médias e máximas (tab. 76 a 108, pág. A-100 a A-133) foram calculadas médias, medianas e desvios-padrão (tab. 142 a 159, pág. A-166 a A-183) para feitura de gráficos (Fig. 12 a 14, pág. A-254 a A-256 e 22 e 24, pág. A-264 a A-266). Dos parâmetros estudados, temperatura e radiação são, parece, os que têm tendência cíclica; com pontos de mínima em vale, com picos de máxima, mas realmente se repetindo-ciclicamente. Mas temperatura não é a única variável interveniente na produção de uma massa de água, ela é uma das mais importantes, tão mais importante quanto maior sua oscilação através do tempo. Nossos pontos de mínima e máxima, especialmente os de mínima, não são suficientemente baixos para criar problemas de produção. Mais especificamente, variações de temperatura estão ligados à economia de oxigênio e de gás carbônico, ao pH, etc. Lagos tropicais possuem sempre temperatura superficial elevada — geralmente entre 20 ° e 30 °C. As temperaturas do ambiente são, durante certo período do ano,

mais baixas que 20 °C, mas as temperaturas das massas d'água não acompanham a mesma variação devido à inércia térmica das próprias massas d'água (tanto maior a inércia, quanto maior o volume). Temperaturas muito altas ou muito baixas são impróprias a muitos seres vivos. Temperatura é fator limitante. Trutas por exemplo são exigentes quanto à temperatura. P. Vivier, 1946, apud S.M. Branco, 1969 fala em "rios quentes" em oposição a "rios de trutas" e, talvez se possa falar em lagos quentes, em relação a um grande número de animais e vegetais existentes quanto à temperaturas baixas ou, ao contrário, se possa dizer "lagos frios".

A nível de dinâmica de população de algas, no entanto, a temperatura não é fator tão crítico porque há gêneros que vivem a bem altas temperaturas, a 40 °C por exemplo. Na Austrália, relata o Professor Samuel Murgel Branco, ter visto a floração em águas provenientes de Geisers a 80 °C! E há muitos gêneros de algas que vivem em águas muito frias.

Em nosso clima, com poucas flutuações de calor e frio, mormente na água, havendo as demais condições necessárias à sua vida, haverá organismos produtores sem grande problema devido à temperatura.

5.3.5- Insolação

A partir das médias apresentadas nas Tabelas 163 a 165 (página A-187 a A-189) foram feitos os gráficos de horas de Insolação (as fontes foram tabelas do CRHEA 109 a 111 página A-133 a A-135). Para semanas especialmente, uma caótica distribuição de pontos, cuja dispersão diminui para o gráfico em meses, faz concluir que a flutuação de pontos em um gráfico com dados diários seria ainda maior. Insolação é parâmetro de difícil interpretação, não por sua distribuição sem nítida tendên-

cia cíclica, mas porque horas de sol em nossa região não pode ter o mesmo significado de horas de sol em países frios, especialmente no inverno. Em regiões de clima temperado o fotoperíodo exerce uma grande influência sobre os organismos fotossintetizantes; especialmente no inverno: pouco sol leva à baixa fotossíntese e, portanto, à baixa produção de matéria orgânica. Algo muito diferente acontece aqui. Poucas horas de sol são, frequentemente, benéficas, pois encoberto embora pelas nuvens, a quantidade de energia difusa radiante é "ideal" para a realização da fotossíntese (fig. 15 pág. A-257 e 25 pág. A-267).

5.3.6- Radiação Solar

A Estação Climatológica do CRHEA coletou os dados das tabelas 112 a 117 pág. A-136 a A-141 dos quais foram calculadas as médias (tabela 166 a 177 pág. A-190 a A-201) que, plotadas nos gráficos 16 a 26 A-258 e A-268 mostram, assim como a temperatura, uma ciclicização anual de máxima e mínima. O regime tropical de radiação solar é muito diferente do regime temperado, onde as taxas fotossintéticas são menos elevadas, e praticamente concentradas na primavera. Nos lagos tropicais a taxa fotossintética não sofre incrementos e decréscimos sensíveis e, embora não único, a radiação é importante fator desse processo. Tanto quanto a temperatura a flutuação é máxima nos períodos de chuva e mínima nos períodos de seca. Países de clima temperado têm primavera "resplendente" com flores e frutos, após um período sem verde; também têm floração das águas nessa época. O nosso produz o ano todo flores e frutos, e também algas. Em suma: produção terrestre com desbaste e produção aquática com eutrofização.

5.4- Variação da Quantidade de Algas em Relação às Características Climáticas

Para conhecer alguma coisa da dinâmica de população de algas da Represa do Lobo, em um período "estacional" foram quantificadas algas de amostras de água durante dezoito meses (de abril de 1981 a setembro de 1982) para cobrir, no tempo, mais que o período de um ano. Os resultados expressos na tab. 178 pág. A-203 figuram juntamente com os parâmetros climáticos dos dias em que foram feitas coleta e contagem.

Para feitura do gráfico, plotou-se no eixo de abcissas a variável independente tempo, em dias; e no eixo de ordenadas a variável número de algas por mililitro de água (fig. 17 pág. A-259 e fig. 27 pág. A-269). Como os demais gráficos foram todos construídos com valores em abcissas para 33 meses, este gráfico — para que fosse possível a melhor visualização por transparência — sofreu uma translação de origem de tal sorte que houvesse correspondência entre seus valores temporais de abscissa e aqueles dos outros gráficos no período considerado: de abril de 1981 a setembro de 1982.

Da mesma forma, foi procurada a mais conveniente escala para o eixo de ordenadas. Isto permitiu uma boa visualização das tendências semelhantes entre: Crescimento de Algas e: Radiação Solar; Temperatura; Ventos; conforme o esperado. Claro não é uma relação "efetiva", mensurável parâmetro a parâmetro, mas mostra tendências semelhantes no tempo e em magnitude.

Observando-se os gráficos que retratam fatores climáticos e o que representa a variação da quantidade de algas na Represa do Lobo (de abril de 81 a setembro de 82) constata-se que há semelhança entre — a tendência dos pontos observados para Radiação Solar — intensidade luminosa. (tab. 166 a 177

pág. A-190 a A-201, fig. 26 pág. A-268), bem como para temperatura (tab. 142 a 159, pág. A-166 a A-186, fig. 22 a 24 pág. A-264 a A-266) e a tendência do Crescimento de Algas. (tab. 178 pág. A-202 fig. 27 pág. A-269).

Vale dizer que, de modo geral, a distribuição espacial é semelhante nos seus acréscimos e decréscimos. Não existem picos de crescimento ou vales de decréscimos pois a variabilidade do número de algas não é grande ($\bar{X} = 13183$ e $s = 1113$) bastante típica de represa tropical. A variação é sentida, no gráfico, por causa da escolha conveniente de escala. No entanto há alguns valores discrepantes, números altos ou baixos que originam pontos fora da curva. Que variáveis estariam intervindo no processo? Teoricamente um decréscimo no número de algas pode ser explicado por turbidez da água que, dificultando a penetração da luz, levaria a uma menor taxa de fotossíntese.

No mês de junho de 1981, após uma longa estiagem houve, no dia 6, uma grande precipitação pluviométrica de 60,0 mm. Essa chuva pesada deve ter carregado para a represa grande quantidade de material que estava depositado no solo, chuva que "lavou" o solo e turvou a represa, com consequente baixa de produção nos dias 12 e 16 de junho. Assim, a intensidade pluviométrica — não a do próprio dia mas de dias antecedentes — pode ser a responsável indireta pelo decréscimo de algas. A variável interveniente é o uso do solo, em última análise.

Após outra longa estiagem, nos dias 15 e 16 de outubro a altura pluviométrica foi de 31,2 e 20,9 mm respectivamente, com um correspondente decréscimo do número de algas no dia 16. A maior altura de chuva do ano se deu no dia 19.10.81 com 85,0 mm havendo um reflexo dessa "lavagem" do solo na pequena produção de algas no dia 20.10.81.

De 7 a 10 de novembro de 1981 houve chuvas de: 19,0 mm; 55,2 mm; 22,2 mm e 12,4 mm respectivamente, e, no dia 10.11.81

encontrou-se pequeno número de algas na amostra d'água da represa. No dia 16.11.81 a altura pluviométrica foi de 43,8 mm mas não após estiagem — ao contrário — era uma época bastante chuvosa e é provável que as águas da chuva pouco tenham carregado do solo para a represa e, portanto, não incrementou a turbidez das águas. É o que se observa nos meses de novembro de 81 a março de 82 quando não parece haver relação entre chuva e decréscimo do número de algas. No dia 5.5.82 a precipitação foi de 30,4 mm e no dia 7.5.82 houve um pequeno decréscimo no número de algas. No entanto a 25.5.82 houve chuva de 30,4 mm sem reflexo mensurável no número de algas da represa. Aos 12.06.82 houve precipitação de 35,4 mm, aos 13.06.82 de 4,3 mm e aos 15.06.82 de 9,9 mm. O decréscimo de algas no dia 15.06.82 pode ser consequência dessas chuvas.

Por outro lado os incrementos de algas não relacionáveis à temperatura e radiação, poderiam estar relacionadas ao vento como transportador de partículas as mais diversas, entre as quais nutrientes. Números grandes de algas, não todos mas os de alguns dias, talvez possam ser justificados pelos ventos: muitas algas a 28.04.81 e no dia anterior vento de 72,6 km/h no anemômetro elevado a 2 m.

Esta é uma região em que venta com frequência; então, parece, as possíveis interferências do vento na produção de algas talvez seja melhor explicada através das médias semanais que refletem dias seguidos com vento, ou vento de grande velocidade em determinado dia. Em ambos os casos a ação do vento seria a de possibilitar o aumento do número de algas por transporte de materiais, mais que pelo turbilhonamento da água.

É possível que o incremento de algas se explique pela ação indireta do vento carreador de nutrientes (de adubo ou

de fuligem das queimadas) que na 52^a semana do ano de 81 tem o seu mais alto valor de velocidade no anemômetro de tanque , seguidos de valores ainda altos para o mesmo ano na 38^a e 48^a semanas, com correspondente desenvolvimento de algas da represa. Em 1982 o anemômetro do tanque acusa vento de alta velocidade nas 9^a , 10^a , 36^a e 39^a semanas e - a menos desta última - cresce o número nas demais semanas há correspondente a crescimo do número de algas.

No anemômetro elevado a 2 m., para o ano de 1981, os maiores dados de velocidade do vento estão na 16^a e na 52^a semanas e, exatamente nessas semanas, encontram-se os maiores valores para número de algas. Valores que ainda se destacam estão na 38^a semana com correspondente grande número de algas. Para 1982, a maior velocidade do vento é encontrada na 9^a semana com o maior número de algas correspondendo. Os valores de velocidade do vento que secundam esse primeiro estão na 2^a e 13^a semanas sendo que na 2^a semana há grande número de algas e na 13^a há tendência a crescimento. Um terceiro alto valor de vento é o da 16^a semana com algas em número ainda acima do esperado, pois é o maior valor assumido.

Seria prematuro relacionar produção não apenas com os fatores climáticos (radiação e temperatura) mas também com uso e ocupação do solo da bacia, cujas atividades, através da chuva e vento, seriam efetivamente variáveis intervenientes?

5.5- Variação da Quantidade de Algas: Influência de Nitrogênio e ou Fósforo

O crescimento de algas no Frasco Controle se deu de modo semelhante - porém não igual - ao crescimento de algas na Represa. O Estrado Flutuante com os Frascos de Acrílico transparente (que isolaram as águas dos ensaios) simulam as condi-

ções da represa mas, não a retratam fielmente; claro, nos frascos não há vazão.

Assim, é provável que as variações (embora muito pequenas) entre o número de algas da represa e o Frasco Controle, não se deva a erro de medida, mas à simulação imperfeita (Tabela 179 pág. A-208 a A-218; fig. 28.1 pág. A-270).

As contagens diferentes são:

DATA	ALGAS CONTADAS		TOTAL ALGAS/ ml água	
	FRASCO I	REPRESA	FRASCO I	REPRESA
15.01.82	238	235	14 915	14 789 *
22.01.82	216	215	13536	13 473 *
09.02.82	268	236	16 794	14 789 *
12.02.82	245	243	15 353	15 228 *
16.02.82	241	245	15 102	15 353 **
26.02.82	219	225	13 724	14 100 **
12.03.82	218	219	13 661	13 729 *

* Maior número de algas no Frasco Controle

** Maior número de algas na Represa

Observação: os dados obtidos da amostra de água coletada no dia 15.03.82 não foram considerados por serem muito discrepantes. As análises e contagens foram feitas para poder se aquilatar se realmente haveria diferença de dados pois, nesse dia os frascos foram encontrados transbordando e com resíduos de pedações de milho, "iscas" para peixes.

O enriquecimento (Frasco II) com 0,3 mg/l N, em média propiciou um incremento no número de algas, de cerca de 15,8% ($\bar{X}$ = 17 175 ; s = 3 764). O acréscimo de 0,6 mg/l N, (Frasco

II) propiciou aumento do número de algas, em média, de 15,3% ($\bar{X} = 17\ 098$; $s = 3844$) fig. 28.2 pág. A-271). O Nitrogênio dei de ser o fator limitante. Mas, dobrar a quantidade de Nitrogênio não resultou similar produção. Isto porque o Fósforo se tornou então o Fator Limitante.

A média das algas do frasco I foi 14 829, com desvio padrão de 1509. É interessante notar que há mais variabilidade (e portanto maior desvio padrão) nos Frascos enriquecidos que no Frasco Controle.

O acréscimo de Fósforo, no Frasco IV, de 0,01 mg/l houve aumento do número de algas de cerca de 6,5% ($\bar{X} = 15\ 793$; $s = 1841$). O enriquecimento com 0,02 mg/l de Fósforo no Frasco V, favoreceu o incremento de 6,3% de algas ($\bar{X} 15\ 758$; $s = 1922$) fig. 28.3 pág. A-272.

O enriquecimento com Nitrogênio foi mais significativo que com fósforo.

No frasco VI o acréscimo de 0,3 mg/l N e 0,01 mg/l P ocasionou uma floração das águas com quase 320% de incremento de algas e, no frasco VII com acréscimo de 0,6 mg/l N e 0,02 mg/l P houve um acréscimo de mais de 220%.

A média das algas nos frascos VI e VII foram, respectivamente 474 294 ($s = 187\ 278$) e 449 714 ($s = 203\ 080$) (fig.28.4 pág. A-273). A variabilidade é maior no frasco VII. Não houve incremento correspondente de algas quando se dobrou a quantidade de N e P, como era de se esperar pois, se neste caso o Nitrogênio e o Fósforo deixaram de ser Fator Limitante, outro fator: luz, gás carbônio, espaço físico, nodem ter se tornado o Fator Limitante Relativo naquele caso, naquele momento.

5.6 - Variação da Quantidade de Algas: Influência de Adubos

Nas águas colhidas das canaletas sulcadas nas quatro faixas do terreno agriculturado, foram encontradas muito poucas algas. As águas - devido à irrigação constante - eram muito turvas o que impediu a floração. Claro, abundância de Nitrogênio e Fósforo são condições necessárias, à produção de algas, mas não são suficientes.

Outros muitos fatores - dos quais basta citar luz, pode se ter tornado Fator Limitante. Não há evidência alguma da influência de adubo no crescimento de algas nessas águas colhidas nos baldes. Devido a uma conveniente escolha da escala é possível visualizar nos gráficos uma mesma tendência de crescimento de algas em, quaisquer das canaletas. Quando a água estava menos turva (decantação no próprio balde) havia um certo incremento, mas em qualquer dos frascos indiferentemente. Logo o problema devia ser mesmo a turbidez.

Observando-se a tabela nº 180 pág. A-219 a A-227 e as figuras 29.1, (pág. A-224) 29.2 (pág. A-275) 29.3 (pág. A-276) e 29.4 (pág. A-277) visualiza-se o pequeno número de algas nessas águas e as flutuações semelhantes, independentes das canaletas.

Essa situação não de todo prevista induziu a mais uma fase no trabalho, etapa essa que melhor simulasse as condições de uma coleção de água e de sua bacia de drenagem. Porque essa água colhida dos baldes que recebiam água das canaletas que no comprimento total possuíam 100 m. não podiam retratar o que se passa numa coleção de água que recebe águas de drenagem.

Para isso essas águas foram transportadas para os frascos na represa, buscando aprimorar as condições dos ensaios.

5.7- Variação da quantidade de algas: Águas de Drenagem de Terreno Agriculturado

Águas das diversas faixas do terreno agriculturado foram transportadas para os Frascos de Ensaio na Represa. Amostras retiradas dessas águas mostraram diferença substancial entre produção nos baldes colocados nas canaletas e produção nos frascos contendo essas mesmas águas.

Água da faixa I, Canaleta I - sem adubo - foi transportada para o Frasco I para quantificação das algas. A produção, nesse Frasco não foi semelhante à produção da represa, como aliás era de esperar-se, pois essa água provinda de terrenos, possui bastante material em suspensão e, por esse motivo, muito turva logo após a coleta não possibilitava fotossíntese. Após a sedimentação, com a água límpida, a produção cresceu rapidamente, isto nas duas séries de experimentos $\bar{X} = 12\ 831$, $s = 1\ 490$.

Nos frascos preenchidos com água da Canaleta II (faixa de terreno com adubo na dosagem recomendada), a saber: Frasco II água da Canaleta II, sem diluição, com 260 % mais de algas que o Frasco Controle, $\bar{X} = 46\ 258$ e $s = 13\ 807$; Frasco III, água da Canaleta II com 50% de diluição, aumento de 268 % (comparada ao frasco de controle), $\bar{X} = 47\ 176$, $s = 12\ 856$.

A diluição não provocou decréscimo de população, ao contrário houve, em média, maior desenvolvimento de algas nas águas com menos adubo; claro, não devido à falta de nutrientes mas, justamente por causa da diluição, a turbidez diminuiu e a produção aumentou.

As águas drenadas da canaleta III, que receberam adubo na metade da dosagem recomendada, foram transportadas para os frascos CF V e CF VI sem e com 50% de diluição, respectivamente. Nesses dois frascos ainda houve grande produção de algas.

No Frasco IV aumento de 153%; $\bar{X} = 32\ 468$ e $s = 9\ 477$. No frasco V aumento de 105%, $\bar{X} = 26\ 409$ e $s = 9\ 727$, portanto a diminuição da dosagem de adubo não acarretou proporcional decréscimo do número de algas.

No frasco VI (água da canaleta IV sem diluição) houve incremento de 229% de algas; $\bar{X} = 42\ 196$, $s = 12\ 762$. No frasco VII (água da canaleta IV, com diluição de 50%) o aumento do número de algas foi da ordem de 188% com $\bar{X} = 37\ 028$ e $s = 8\ 085$, adubo da dosagem recomendada não propiciou correspondente produção.

Novamente aqui, a abundancia, o excesso de adubo, não foi suficiente para propiciar correspondente incremento de algas. CO_2 , luz, etc podem, como no caso anterior, ter-se tornado, naquele instante, Fator Limitante. (Tabela 181 pág. A-228 a A-240, fig. 30.1 pág. A-278, fig. 30.2 pág. A-279, fig. 30.3 pág. A-280, fig. 30.4 pág. A-281).

5.8- Produção em Laboratório, de Amostras de Água Drenadas de Terreno Agriculturado: Sólidos Voláteis (mg/l)

Para corroborar os dados obtidos com contagem de algas, transportou-se para aquários, no laboratório, água dos frascos da represa, que continham águas drenadas dos terrenos agriculturados.

As águas desses aquários foram agitadas para serem homogeneizadas e delas foram tiradas amostras para medir produção através de quantificação de sólidos voláteis. Os resultados (Tabela 182 pág. A-241) fazem pensar que o método é tão ou mais impreciso que o de contagem, mas de qualquer forma, Grosso Modo, corroboram os dados de contagem.

5.9- Agricultura na Bacia do Jacaré-Guaçu: Sub Bacias da Zona de Influência na Represa do Lobo

Aproveitando parte de nosso levantamento de Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Jacaré-Guaçu, colheu-se dados da Zona de Influência na Represa.

A tabela 183 pág. A-242, retrata esses dados.

Mais de 1/3 da bacia da zona de influência na Represa é agriculturada com cultura que anualmente se renova; milho, cana, horta ou recebe adubo apesar de dita temporária, café.

Parte substancial da zona é agriculturada cerca de 30% com cana, portanto sujeita a queimadas anuais. É provável, inclusive, que se tenha subestimado a zona de influência da Represa e que haja uma não só maior área de agricultura, como área maior de canavial, com suas queimadas anuais e sua colaboração para o incremento de nutrientes na Represa.

"Pessoas sensatas indagam as causas. Os loucos estabelecem-nas." (Anācharsis, sec. VI AC).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Na Metodologia Quantitativa da Avaliação de Produção, o Método de Contagem de Algas em Célula de Sedgwick - Rafter, por amostragem, pode ser bastante aprimorado se a amostra for aumentada de 10 (tamanho da amostra geralmente utilizado) para 21 campos.

A unidade amostral é o campo do microscópio e as 21 unidades amostrais devem ser selecionadas probabilisticamente. Para tanto, a escolha casual deverá ser feita através da Tabela de Números Aleatórios e com exclusão das unidades amostrais da 1^a linha (borda superior) e 1^a coluna (borda esquerda) da câmara ou célula de contagem que é o Sistema de Referência. Essa amostra é tão boa quanto a contagem de "campo contínuo", com a vantagem de ser bem menor.

6.2. A Metodologia de Isolamento da Água da Represa por Frascos de Acrílico Transparente, para os bioensaios é plenamente satisfatória. As muito pequenas dissemelhanças entre o número de algas presentes na amostra de água da represa e na amostra de água do Frasco Controle, provavelmente devidas a não se poder simular nos Frascos o Regime da Represa, não os torna amostra não representativa da População Água da Represa. Assim, as conclusões tiradas das amostras das populações Frascos da Represa e que foram inferidas para essa população podem ser, por sua vez, inferidas para a Represa, agora População de Estudo da qual Frasco de Água é a amostra. Recomenda-se os mesmos cuidados que todos os pesquisadores recomendam quanto ao uso de Modelos.

6.3. Os fatores climáticos parecem exercer papel menos significativo em Represas de Climas Tropicais que em Represas de Clima Temperado, o mesmo acontecendo para as demais coleções de água.

6.4. A precipitação pluviométrica exerce, na Eutrofização, preponderantemente um papel de vetor ou de carreador de nutrientes. Sua ação será tão mais significativa quanto maiores forem as alturas pluviométricas de seguidos dias de chuva e, ainda quanto maior o número de dias sem chuva (vale dizer quanto maior a estiagem) que a antecederem. As primeiras chuvas contribuem para o incremento da poluição das águas mas tornam menor um tipo especial de poluição: a eutrofização, porém apenas por alguns dias, até que a turbidez diminua e a luz deixe de ser fator limitante.

6.5. A ocupação e uso do solo da bacia de drenagem contribuem de maneira significativa para a eutrofização das águas, não só através do lançamento de esgotos domésticos e industriais, mas devido à agricultura aí praticada. Essa terra agriculturada contribuirá com adubos, quantitativa e qualitativamente diferentes, e em épocas diferentes também, dependendo do tipo da cultura praticada. Através do conhecimento da ocupação do solo é possível quantificar os nutrientes que anualmente podem chegar às coleções de água circunvizinhas e, disciplinar seu uso visando protegê-las.

6.6. As queimadas contribuem com nutrientes para a eutrofização - quer através das partículas transportadas pelo vento e que se erguem do solo durante a queimada - quer por uma ação posterior, das cinzas que são transportadas pelas chuvas. Evitá-las não é só problema de conservação do solo é de proteção das águas e de preservação de muitas obras de engenharia, em especial linhas de transmissão de energia elétrica.

6.7. Não há solução única para minimizar os efeitos da eutrofização ou para preveni-la. Devem ser tomadas uma série de medidas visando, desde o tratamento de águas residuárias e remoção de nutrientes, até e, principalmente no caso da Represa do Lobo, o disciplinamento do uso do solo, fiscalizando o emprego de adubos e construindo faixas de proteção para a Represa.

6.8. Devido ao duplo problema da Ecologia ser Ciência nova e de existir características regionais que possibilitam tradução direta ou literal de termos ou expressões, parece que os pesquisadores - ao menos desta área - devem fornecer subsídios aos linguistas para que haja dicionarização dos novos termos comumente utilizados.

6.8.1. O termo Eutrofização precisa ser dicionarizado para que ele e só ele seja utilizado e não traduções diretas . O termo sazonalidade também. Dada as duas conotações diferentes que a palavra pode ter: Quatro periódicas estações do ano ou Época em que é feita determinada tarefa agrícola, talvez se faça necessária a dicionarização de duas palavras.

6.8.2. Por não ser palavra dicionarizada é preciso que o pesquisador defina qual conotação está utilizando para Sazonalidade.

6.9. Em represas de climas tropicais, muito mais que os fatores climatológicos os fatores sazonais (ligados à época em que determinada tarefa agrícola é executada) contribuem para floração das águas.

6.10. Não é solução remover nitrogênio para evitar eutrofização uma vez que há algas capazes de fixa-lo diretamente do ar atmosférico e que podem dominar o ambiente se as demais necessidades forem supridas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁGUA subterrânea e poços tubulares. 2a. ed. São Paulo, CETESB 1974.
2. ALLEN, E. Jerry. Water. men, and management, *Jour. AWWA*. New York, 57 (1): 1-2, jan., 1965.
3. ALLEN, Herbert E. & KRAMER, James R. *Nutrients in natural waters*. London, John Wiley & Sons, 1972.
4. ALLEN SOBRINHO, Pedro & RODRIGUES, Marcelo Muñoz. Contribuição ao projeto de sistemas de lagoas aeradas aeróbias para o tratamento de esgotos domésticos. *Rev. DAE*, São Paulo, (128) 45-62., mar., 1982.
5. AMARAL e SILVA, Carlos Celso do. Política de proteção dos ambientes lênticos no Brasil. Palestra proferida na Reunião sobre Ecologia e Proteção de Águas Continentais. São Carlos, ago., 1981.
6. AMARAL e SILVA, Carlos Celso do. *Poluição das águas e eutrofização*. São Paulo - Fac. de Saúde Pública. Univ. São Paulo, 1972. Tese de Doutorado - Fac. de Saúde Pública. Universidade de São Paulo.
7. ANTUNES, Walter. *Legislação Básica. Poluição Estadual e Federal*. São Paulo, CETESB, 1982.
8. ANNUAL REPORT. F.B-A-, 42, mar., 1974.

9. AQUINO, Inoach de. *Manual Agrícola*. São Paulo, Depto. Técnico Agrícola e de Produtos. QUIMBRASIL, 1969.
10. ARGENTIÈRE, R. O ciclo solar e as secas do Nordeste. *Rev. DAE*, São Paulo, (64): 15-27, mar., 1967.
11. AYRES, G.H. *Análisis químico quantitativo*, Madrid, El Casti-
lho, 1970.
12. AZEVEDO NETTO, M. de Abastecimento de Água de São Paulo: Sub-
sídios para a história. (1a.parte). *Rev. DAE*, São Paulo,
(106): 24-27, 1976.
13. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Considerações sobre o controle da po-
lução da água. *Rev. DAE*, São Paulo, (77): 36-39, set.,
1970.
14. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Cronologia dos serviços de esgotos ,
com especial menção do Brasil. *Rev. DAE*, São Paulo, (33):
15-21, abr., 1959.
15. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Há 50 anos. *Rev. DAE*, São Paulo, (53)
35-36, jun., 1964.
16. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Notas e Informações Brasileiras. *Rev.*
DAE, São Paulo, (83): 4-6, dez., 1971.
17. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Notas e informações Brasileiras. *Rev.*
DAE, São Paulo, (84): 89-90, mar., 1972.
18. AZEVEDO NETTO, J.M. de. Notas e informações Brasileiras, *Rev.*
DAE, São Paulo, (93): 22-23, dez., 1973.

19. AZEVEDO NETTO, J.M.de Notas e Informações Brasileiras, *Rev. DAE*, São Paulo, (113): 19-20, 1977.
20. AZEVEDO NETTO, J.M.de Notas e Informações Brasileiras. *Rev. DAE*, São Paulo, (116): 19-19, 1978.
21. AZEVEDO NETTO, J.M.de Cronologia do tratamento da água. *Rev. DAE*, São Paulo, (116): 68-70, 1978.
22. AZEVEDO NETTO, J.M.de Notas e Informações Brasileiras. *Rev. DAE*, São Paulo, (113): 32, 1980.
23. AZEVEDO NETTO, J.M.de Notas e Informações Brasileiras. *Rev. DAE*, São Paulo, (128): 20-21, mar., 1982.
24. AZEVEDO NETTO, J.M.de Notas e Informações Brasileiras. *Rev. DAE*, São Paulo, (127): 20-22, dez., 1981.
25. AZEVEDO NETTO, J.M.de et. alii. *Planejamento de sistemas de abastecimento de água*. Paraná, Universidade Federal do Paraná; Organização Pan-Americana da Saúde, 1973.
26. AZEVEDO P; KAWAI, H.; VAZ, J.O. Estudo de limnologia e poluição da Represa Rio das Pedras para posterior avaliação da sua produção piscícola. *Rev.DAE*, São Paulo, 27 (66): 48-76 1967.
27. BACIA Experimental Rio Jacará-Guaçu. Convênio DNAEE-EESC/USP. São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1980.

28. BARTSCH, A.F. Accelerated eutrophication of lakes in the United States: ecological response to human activities. *Environ Pollut.*, (1): 133-140, 1970.
29. BARTSCH, A.F. & INGRAM, W.M. La vie aquatique et la pollution. *L'eau*, (9): 239-242, sept., 1960.
30. BENN, F.R. & MCAULIFFE, C.A. Química e poluição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Ed. da Universidade de São Paulo, 1981.
31. BERKLEY, K.G.G. Proteção catódica-teoria e prática na indústria da água. *Rev.DAE*, São Paulo, 71: 40-48, mar., 1969.
32. A BIBLIA SAGRADA: O velho e o novo Testamento. Trad. por João Ferreira de Almeida. 3a.ed. Rio de Janeiro, Imprensa Bíblica Brasileira, 1948.
33. BIGGAR, J.W. & COREY, R.B. Agricultural drainage and eutrophication. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
34. BOGAN, Richard H. & SAWYER, Clair N. Biochemical degradation of synthetic detergent. *Jour. Sewage and industrial wastes.*, 26 (9): 1069-1080, setp., 1954.
35. BONETTO, Argentino A. Los lagos de represa y sus proyecciones ecológicas. Problemas y perspectivas. In: *Seminário sobre médio ambiente y represas*. Montevideo, 1977.

36. BOSTWICH, H.K. Eutrophication of estuaries. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
37. BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Interpretação das análises sanitárias de despejos tendo em vista seus tratamentos. *Rev. DAE*, São Paulo, (97): 63-82, set., 1974.
38. BRAIDWOOD, R. La revolución agrícola. In: *Scientific American*, Madrid, 1975.
39. BRANCO, S.M. Algas tóxicas. Controle de toxinas em águas de abastecimento. *Rev. DAE*, São Paulo (35) 47-53, out., 1959.
40. BRANCO, S.M. Alguns aspectos de hidrobiologia, importantes para a Engenharia Sanitária. *Rev. DAE*, São Paulo, 20 (33): 21-30, jul., 1959.
41. BRANCO, S.M. A água doce como meio ecológico. Propriedades Físicas. In: *Poluição e piscicultura*. São Paulo, Fac. de Saúde Pública da USP. Inst.de Pesca - CPRN, 1972.
42. BRANCO, S.M. A água doce como meio ecológico: propriedades químicas. Produtividade primária. In: *Poluição e piscicultura*. São Paulo, Fac.Saúde Pública da USP. Inst.de Pesca - CPRN, 1972.
43. BRANCO, S.M. Algas no abastecimento d'água. In: Curso ministrado pelo Dr. Charles Mervin Palmer (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos), patrocinado pelo Serviços Especial de Águas e Esgotos de São Paulo, 1960.

44. BRANCO, S.M. Alguns aspectos da Hidrobiologia importantes para Engenharia Sanitária. *Rev.DAE*, São Paulo, (34): 29-42 , jul., 1959.
45. BRANCO, S.M. Análise de alguns aspectos e soluções prováveis para o Lago Paranoá. In: *Programa de recuperação e manutenção do Lago Paranoá em Brasília*. Trab. apres. no 8º Congresso de Eng.San. e Amb., Rio de Janeiro, 1975.
46. BRANCO, S.M. Limpeza prévia do reservatório de acumulação. Estudo conceitual. *Rev.DAE*, São Paulo, (82): 38-47., set. 1971.
47. BRANCO, S.M. A auto-depuração dos cursos d'água. In: *Poluição e piscicultura*. São Paulo, Fac. Saúde Pública da USP. Inst.de Pesca - CPRN, 1972.
48. BRANCO, S.M. Biologia aquática. In: Cursos ministrados pelo Dr. Alfred F. Bartsch, (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos da América do Norte) e patrocinado pelo Serviço Especial de Saúde Pública e Departamento de águas e esgotos de São Paulo, 1957.
49. BRANCO, S.M. Biologia das represas do Alto Cotia I. *Rev.DAE*, São Paulo, (42): 45-46, 1961.
50. BRANCO, S.M. Biologia das represas do Alto Cotia II. Influência dos fatores químicos das águas, nas alterações qualitativas da flora algológica. *Rev. DAE*, São Paulo, 22 (42): 45-46, 1961.

51. BRANCO, S.M. Biologia dos rios Biritiba, Jundiá e Taiassupeba. Previsões e sugestões sobre futuros problemas hidrobiológicos decorrentes do represamento. *Rev. DAE*, São Paulo, 21 (39): 71-74, 1961.
52. BRANCO, S.M. Causas do desenvolvimento de algas nos decantadores das estações de tratamento de água. *Rev. DAE*, São Paulo, 19 (32): 92-96, dez., 1958.
53. BRANCO, S.M. Características naturais da água: Conceito de padrões de qualidade e potabilidade. In: *Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição*. São Paulo, ABES/ BNH / CETESB, 1974.
54. BRANCO, S.M. Controle da poluição. In: Comissão Interestadual da Bacia Paran-Uruguai. *Poluição e piscicultura*. São Paulo, Fac. Saúde Pública da USP. Inst. de Pesca - CPRN 1972.
55. BRANCO, S.M. Controle preventivo e corretivo de algas em águas de abastecimento. *Rev. DAE*, São Paulo, 23 (45): 61 - 75, 1962.
56. BRANCO, S.M. *Curso de ecologia das algas de água doce*. São Paulo, Fac. Saúde Pública da USP, 1960.
57. BRANCO, S.M. Dados sobre a variação do nível do plancton, causada pelas alterações de temperatura e viscosidade de água. *Rev. DAE*, São Paulo, 21 (38): 43-46, 1960.

58. BRANCO, S.M. Estabilização biológica em lagoas. In:GIORGETTI M.F. ed. *Especialização/mestrado em hidráulica e saneamento*. Programa pré-requisito. São Carlos, Depto. de Hidráulica e Saneamento, EESC/USP, 1980.
59. BRANCO, S.M. *Estudo das condições sanitárias da Represa Billings*. Arq. Fac. Hig. Pub., São Paulo, 20, (1): 57-86, junho, 1966.
60. BRANCO, S.M. Gás Carbônico, pH e eutrofização. *Rev. DAE*, São Paulo, 90 (33): 39-40, 1972.
61. BRANCO, S.M. Henri Charles Potel e a biologia das águas de São Paulo. *Rev.DAE*, São Paulo, 25 (52): 26-28, mar., 1964.
62. BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada a la ingenieria sanitaria*. Trad. por Myriam R. Mujica. Quintanilla. Lima, Universidade Nacional de Ingenieria, 1969.
63. BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 2a.ed. São Paulo, CETESB, 1978.
64. BRANCO, S.M. et. alii. Identificação e importância dos principais gêneros de algas de interesse para o tratamento de águas e esgotos. *Rev. DAE*, São Paulo, 24 (48): 39-76, mar. 1963.
65. BRANCO, S.M. et. alii. Identificação e importância dos principais gêneros de algas de interesse para o tratamento de águas e esgotos. *Rev. DAE*, São Paulo, (49): 77-86, jun., 1963.

66. BRANCO, S.M. et. alii. Identificação e importância dos principais gêneros de algas de interesse para o tratamento de águas e esgotos. *Rev.DAE*, São Paulo, (50): 87-89, set., 1963.
67. BRANCO, S.M. Influência de fatores metereológicos na poluição de poços na área metropolitana de São Paulo. *Rev. DAE*, São Paulo, (46): 15-19, set., 1962.
68. BRANCO, S.M. Limpeza prévia de reservatórios de acumulação. Estudo conceitual. *Rev. DAE*, São Paulo, 31 (82): 38-47, setembro, 1971.
69. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, 44: 80-82, 1962.
70. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, 71: 23-24, mar., 1969.
71. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (50): 27-28, set., 1963.
72. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (81): 13-14, jul., 1971.
73. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (82): 9-10, set., 1971.
74. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (83): 9-10, dez., 1971.

75. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, 90 (33): 13-14, 1972.
76. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (90): 13-14, jun., 1973.
77. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, 93: 28-30, dez., 1973.
78. BRANCO, S.M. Noticiário bibliográfico sanitário. *Rev. DAE*, São Paulo, (99): 9-10, 1975.
79. BRANCO, S.M. Padrões Hidrobiológicos. In: *Água: qualidade , padrões de potabilidade e poluição*. São Paulo, ABES/B NH/CETESB, 1974.
80. BRANCO, S.M. Parâmetros de autodepuração. In: *Água: qualida- de, padrões de potabilidade e poluição*. São Paulo, ABES/ B NH/CETESB, 1974.
81. BRANCO, S.M. Poluição: alterações na composição física, quí- mica e biológica do meio aquático. In: *Poluição e piscicul- tura*. São Paulo, Fac.Saúde Pública da USP. Inst.de Pesca - CPR N, 1972.
82. BRANCO, S.M. *Poluição: A morte de nossos rios*. Rio de Janei- ro, Ao livro Técnico, 1972.
83. BRANCO, S.M. Poluição e contaminação. *Rev. DAE*, São Paulo, 57, 3-7, jun., 1965.

84. BRANCO, S.M. Problemas decorrentes do emprego de lagoas de estabilização. In: *Lagoas de estabilização*. São Paulo, FSCPU/OPAS/OMS, 1967.
85. BRANCO, S.M. Proteção de mananciais. In: GIORGETTI, M.F. ed. *Especialização/Mestrado em Hidráulica e Saneamento*. Programa pré-requisito. São Carlos, Depto. de Hidráulica e Saneamento. EESC/USP, 1980.
86. BRANCO, S.M. Os sais minerais como fatores de poluição. *Rev. DAE*, São Paulo, 21 (36): 49-51, mar., 1960.
87. BRANCO, S.M. *Sobre a utilização de microrganismos flagelados como indicadores de poluição*. São Paulo, Depto. de Parasitologia e Higiene Rural. Fac.de Higiêne e Saúde Pública, 1964. Tese (Doc.Livre), Fac.de Higiêne e Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
88. BRANCO, S.M. O tratamento dos esgotos na grande São Paulo como medida sanitária indispensável e urgente. *Rev.DAE*, São Paulo, (106): 28-30, 1976.
89. BRANCO, S.M. & BRANCO, W.C. Eutrophication on Brazilian reservoirs. Palestra em Viena. In: *Conferência do meeting on control of eutrophication*. Luxemburg, UNESCO, 1981.
90. BRANCO, S.M. & MURGEL, C.B. *Do mineral ao protoplasma*. (Ensaio sobre a origem da vida). São Paulo, 1958.

91. BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. *Ecologia: Educação ambiental: Ciências do Ambiente para Universitários*. Colab. Jurandyr Pav^unelli; José Meiches; Ubaldo Carpigiani e Roberto Max Her^umann. São Paulo, CETESB, 1980.
92. BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo, Edgard Blucher, 1977.
93. BRASIL, Secretaria de Obras do Meio Ambiente. *Legislação Básica sobre Poluição Ambiental (Estadual Federal)*. São Paulo CETESB, 1982.
94. BRASIL, Ministério do Interior. Secretaria Especial do Meio Ambiente. *Legislação Básica*. Brasília, SEMA, 1976.
95. BREZONIK, P.L. Cultural eutrophication: the nature of the problem and some recommendation for its study and control. In: *Air and water pollution*. Ed. Colorado Assoc. Univ. Press., 1972.
96. BROCK, T.D. Lower pH limit for the existence of blue - green algae: evolutionary and ecological implications. *Sciences*. 179 (4072): 480-483, feb., 1973.
97. BROOKER, M.P. & EDWARDS, W.R. Effects of the herbicides on the ecology of a reservoir. *Freshwater biology*, London. 3 (2): 157-175, apr. 1973.
98. BROOKS, J.L. Eutrophication and changes in the composition of the zooplankton. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.

99. BRYDGES, T.G. Eutrophication of recreational lakes - a possible explanation. In: *Annual Meeting american society of limnology and oceanography* 35. Florida, Florida State University, mar., 1972.
100. BRYLINSKY, M. & MANN, K.H. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. *Limnology and Oceanography*, 18 (1) 1-14, jan., 1973.
101. CAMARGO, A.P.de. Clima do cerrado. In: FERRI, M.G. Coord. *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo, Edgard Blucher, 1971.
102. CAPERON, J.; CATTELLI, S.A.; KRASNICK, G. Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: Eutrophication. *Limnology and Oceanography*, 16 (4) : 599-607, july, 1971.
103. CAPOCCHI, J. Águas nitradas e metemoglobinemia na primeira infância. *Rev.DAE*, São Paulo, (23) : 9-16, jul., 1951.
104. CAPOCCHI, J. Crônica da cloração de água e esgotos. *Rev.DAE*, São Paulo, 44 : 19-27, mar., 1962.
105. CAPOCCHI, J. Notas para a história da Engenharia Sanitária no Brasil colonial. *Rev. DAE*, São Paulo, (46) 7-14, set., 1962
106. CAPOCCHI, J. Padrões de Qualidade da Água. *Rev.DAE*, São Paulo, (47) : 21-29, dez., 1962.
107. CARPENTER, J.H.; PRITCHARD, D.W.; WHALEY, R.C. Observations of eutrophication and nutrient cycles in some coastal plain estuaries. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.

108. CASTAGNI NO, W.A. *Eutrophication de lagos tropicales*. Uruguay: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciências del Ambiente., (CEPIS/OPS/OMS).
109. CASTAGNI NO, W.A. *Investigacion de modelos simplificados de eutrophication em lagos tropicales*. São Paulo, OPS/CEPIS . 1982.
110. CETESB. *Análise físico-química de águas*. São Paulo, 1978.(Normalização Técnica Saneamento Ambiental, NT - 07).
111. CETESB. *Análise físico-química de águas*. São Paulo, 1980. (Normalização Técnica, Saneamento Ambiental - NT - 07).
112. CLARK, G.D. *Elementos de ecologia*. 2a.ed. Barcelona, Ediciones Omega, 1971.
113. COLE, G.A. *Textbook of limnology*. Saint Louis, C.V. Mosby, 1975.
114. COLE, L.G. La ecosfera. In : *Scientific American*, Madrid, Editora Blume, 1975.
115. CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANTARIA, 13, Assun - cion, 20-26 ago., 1972. São Paulo, FESB, 1972.
116. CONTRIBUIÇÃO ao Estudo dos Serviços Públicos em São Carlos - Abastecimento de água; Esgotos Sanitários, 1968, Equipe São Carlos.

117. COOPER, C.F. Nutrient output from managed forest. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington - National Academy of Science, 1969.
118. COWGILL, U.M. Actividades Humanas y sus efectos en lagos permanentes. I, las pasadas tres décadas en la Laguna Linsley. In: *Seminário sobre médio ambiente y represas*. Montevideo 1977.
119. DAMIANO, O.C. *As favas do "seu" Major*, São Carlos, 1955.
120. DAMPIER, Sir William Cecil. *Pequena história da ciência*. São Paulo, Ibrasa, 1961.
121. DELWICHE, C.C. El ciclo del nitrogeno. In: *Scientific American*: Temas de ecología química e industrial. Madrid, H.Blume Ediciones, 1975.
122. DE EVEY Jr., E.S. Los ciclos minerales. In: *Scientific American*: Temas de ecología química e industrial. Madrid, H.Blume Ediciones, 1976.
123. DERÍSIO, J.C. & PERKINS, M.A. Os nutrientes (N e P) e a qualidade das águas do reservatório do Guarapiranga. *Rev.DAE*, São Paulo, (125) : 39-44, jun., 1981.
124. DI TORO, D.H. et alii. *A dynamic model of phytoplankton populations in natural water*. New York, 1970.

125. DUARTE, R.G. Algas In: GIORGETTI, M.F. ed. *Especialização/Mestrado em Hidráulica e Saneamento*. Programa pré-requisito. São Carlos, Depto. de Hidráulica e Saneamento. EESC / USP. 1980.
126. DUARTE, R.G. Quimiossíntese. In: GIORGETTI, M.F. ed. *Especialização/Mestrado em Hidráulica e Saneamento*. Programa pré-requisito. São Carlos, Depto. de Hidráulica e Saneamento. EESC/USP, 1980.
127. DUNSTAN, W.M. & MENZEL, D.W. Continuous cultures of natural population of phytoplankton in dilute, treated sewage effluent. *Limnology and Oceanography*, 16 (4) : 623-632, July, 1971.
128. DUSSART, B. *Limnologie L'étude des eau continentales*. Paris Gauthier - Villars, 1966.
129. DUSSART, B.H. Características des lacs de barrage et typologie. In: *Seminário sobre médio ambiente y represas*. Montevideo, 1977.
130. EDMONDSON, W.R. Eutrophication in north America. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
131. FEE, E. Importância de produtividade primaria y metodos confiables para su medicion. Palestra proferida na reunião sobre ecologia e proteção de águas continentais. São Carlos, UEA/UNESCO/MAB, 16 a 23 ago., 1981.

132. FERREIRA, A.B.G. A engenharia sanitária no Brasil e sua evolução. *Rev. DAE*, São Paulo, (61) : 31-34, jun., 1966.
133. FERREIRA, F.S.B. & OVÍDIO FILHO, M. A base de pesquisas e programação para a recuperação e manutenção do Lago Paranoá. In : *Programa de recuperação e manutenção do Lago Paranoá em Brasília*. Trab. apresentado no 8º Congresso de Engenharia e Amb., Rio de Janeiro, 1975.
134. FERRI, M.G. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In : _____. *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo, Edgar Blucher, 1971.
135. FERRI, M.G. *Plantas do Brasil: espécies do cerrado*. São Paulo, Edgard Blucher, 1969.
136. FITZGERALD, G.P. & SKOOG, F. Stream pollution : control of blue-green algae blooms with 2,3-dichloronaphthoquinone. *Jour. Sewage and industrial wastes.*, 26 (9) : 1136-1140, sep 1954.
137. FOGG, G.E. et alii. *The blue-green algae*. New York, Academic Press, 1973.
138. FREIRE, C.A. Água e lixo já eram problema. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 5 set., 1972.
139. FRIEDEN, E. Los elementos químicos de la vida. In : *Scientific American: Temas de ecología química e industrial*. Madrid, Herman Blume, 1976.

140. FUKUDA, F. Importância dos detergentes na engenharia sanitária. *Rev.DAE*, São Paulo, (97) : 48-53, set., 1964.
141. GAMOW, G. *Biographie de la terra: son avenir*. Paris, Dunod, 1956.
142. GELDREICH, E.E. Aspectos microbiológicos dos esgotos e dos seus processos de tratamento. In: *Desinfecção de águas*. São Paulo, CETESB, 1974.
143. GERLOFF, G.C. Evaluating nutrient supplies for the growth of aquatic plants in natural waters. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
144. GOLDMAN, O.R. ed. *Primary productivity in aquatic environments*. Los Angeles, University of California Press, 1969.
145. GOLTERMAN, H.L. *Physiological limnology: An approach to the physiology of lake ecosystems*. New York, Elsevier, 1975.
146. GONDIN, J.C.C. *Valos de oxidação aplicados a esgotos domésticos*. São Paulo, BNH/ABES/CETESB, 1976.
147. GRISOLLET, H.; GUILMET, B.; ARLÉRY, R. *Climatologie: méthodes et pratiques*. Paris, Gauthier - Villars, 1962.
148. HABER, L.F. Fritz Haber y el problema del nitrogenio. *Rev. Endeavour*, Espanha, (102) : 150-153, set., 1968.
149. HARTUNG, H.O. Practical considerations in defining quality, water. *Jour. AWWA.*, New York, 57 (3) : 286-292, mar., 1965.

150. HELMER, R. La lucha contra la contaminacion del agua. In: *Cronica de la OMS*, Ginebra, 29 (11) : 465-472, nov., 1975.
151. HERMANN, R.M. Poluição e seu controle: aspectos econômicos . *Rev.DAE*, São Paulo, (122) : 80-83, 1979.
152. HESPANHOL, I. Efeitos ambientais das Bifenilas policloradas (PCB's). *Rev. DAE*, São Paulo, (115) : 21-33.
153. HESPANHOL, I. Influência do represamento na qualidade das águas. *Rev. DAE*, São Paulo, (116) : 41-57, 1978.
154. HESS, M.L. Avanços tecnológicos no tratamento de águas residuárias. *Rev.DAE*, São Paulo, (116) : 64-67, 1978.
155. HESS, M.L. Chuvas : agente de poluição das águas. *Rev. DAE*, São Paulo, (42) : 41-43, set., 1961.
156. HESS, M.L. Controle de qualidade princípios gerais. In: *Água qualidade, padrões de potabilidade de poluição*. São Paulo, ABES/BNH/CETESB, 1974.
157. HESS, M.L. Notícia técnico sanitárias da Europa. *Rev. DAE*, São Paulo, (81) : 9-10, jul, 1971.
158. HESS, M.L. Notícias técnico sanitárias da Europa, *Rev. DAE*, São Paulo, (87) : 10-11, set., 1972.
159. HESS, M.L. Notícias técnico sanitárias da Europa. *Rev. DAE*, São Paulo, (95) : 8-10, jun., 1974.

160. HESS, M.L. Notícias técnico sanitárias da Europa, *Rev. DAE*, São Paulo, (128) : 24-25, mar., 1982.
161. HESS, M.L. Padrões legais de qualidade crítica. In: *Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição*. São Paulo, ABES BNH/CETESB, 1974.
162. HEVITT, E.J. & SMITH, T.A. *Plant mineral nutrition*. London, The English Universities Press, 1974.
163. HIMMAN JUNIOR, J.J. Acontecimentos importantes no desenvolvimento de tratamento de água. *Rev. DAE*, São Paulo, (25) : 49-50, jun., 1957.
164. HIMMAN JUNIOR, J.J. Acontecimentos importantes no desenvolvimento de água. *Rev. DAE*, (29) : 49-50, jun., 1957.
165. HOOPER, F.F. Eutrophication indices and their relation to other indice of ecosystem change. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Wasginton, National Academy of Science, 1969.
166. HORIE, S. Asian Likes. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
167. HURLEY, P.M. *Qual é a idade da terra?* São Paulo, EDUSP, 1963.
168. HUTCHINSON, G.E. Eutrophication, past and present. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.

169. IMBODEN, D.M. Phosphorus model of lake eutrophication. *Limnology and Oceanography*, 19 (2) : 297-304, 1974.
170. INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte, 6, (66) jun., 1980.
171. INGRAM, W.M, & PALMER, C.M. Simplified procedures for collecting, examining and recording plankton in water. *Jour. American water works association*, 44, (7): 617-624, jul, 1952.
172. JORDAN, R.A. & BENDER, M.E. Use of nutrient enrichment biosays to interpret productivity stimulation by sewage effluents. In: *Annual meeting american society of limnology and oceanography*. 35. Florida, Florida State University, mar., 1972.
173. JORGE, J.A. *Solo: manejo e adubação*. São Paulo, Melhoramentos, 1969.
174. KAWAI, H.; GRIEGO, V.M.; JUREIDINI, P. Tratabilidade de poluentes em lagoa fotossintética acelerada e aproveitamento do potencial de algas. *Rev. DAE*, São Paulo (128): 82-98 ., mar., 1982.
175. KAWAI, H. & BRANCO, S.M. Estudos sobre as reações entre despejos domésticos e industriais da região da grande São Paulo e eutroficação do reservatório Billinge. *Rev. DAE*, São Paulo, 29 (71): 57-68. mar., 1969.
176. KAWAI, H.; GRIECO, V.M.; JUREUDINI, P. Tratabilidade de poluentes em lagos fotossintética acelerada e aproveitamento do potencial proteico de algas. *Rev. DAE*, São Paulo, (128) 83-96, mar., 1982.

177. KETCHUM, B.H. Eutrophication of estuaries. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
178. KEUP, L.E. Phosphorus in flowing waters. *Water Research*, Pergamon Press, 2: 373-386, 1968.
179. KING, D.L. & NOVAK, J.T. The kinetics of inorganic carbon-limited algal growth. *Jour. Water Poll. Control Fed.*, 46 (7): 1812-1816, jul., 1974.
180. KING, D.L. The role of carbon in eutrophication. *Jour. water Poll. Control Fed.*, 42 (12): 2035-2051, dec., 1970.
181. LACKEY, J.B. Effects of fertilization on receiving waters. *Se wage and industrial and industrial wastes*, 30 (11): 1411 - 1416, nov., 1958.
182. LARKIN, P.A. & NORTHCOTE, T.G. Fish as indices of eutrophication, In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
183. LEAL, R.A. A higiene pública na antiga Roma. *Rev. DAE*, São Paulo, 29, 65-72, jun., 1957.
184. LEENTVAAR, P. Man-made lakes and human health. In: _____. *The brokopondo research project*. Edited by N.F. Stanley e M.P. Alpers. London, Academic Press, 1965.
185. LEENTVAAR, P. *The brokopondo research project*. Edited by N. F. Stanley e M.P. Alpers. London, Academic Press, 1975.

186. LEE, G.F. et. alii. La eutrofizacion de las águas superfi -
ciais - estudio de un problema antiquissimo. *Inginieria Sa
nitaria*, (AIDIS), (4): 298-306, abr/jun., 1979.
187. LEHMAN, J.T. Ecological and nutritional studies on Dinobryon
Ehrenb: Seasonal periodicity and the phosphate toxicity pro
blem. *Limnology and Oceanography*, 21 (5):646-658, sept,
1976.
188. LEONARDI, C.A. A legislação de Proteção aos Mananciais: apli
cação e resultados. *Rev. SPAM*, São Paulo, (5): 25-33, maio
1981.
189. LEONINO JUNIOR. A eutrofização dos lagos. *Rev. DAE*, São Pau
lo, (67): 60-62, dez., 1967.
190. LEONINO JUNIOR. Os detergentes e a engenharia sanitária. *Rev.*
DAE, São Paulo, 93: 60-64, dez., 1973.
191. LEVANTAMENTO pedológico de reconhecimento da Bacia do Rio Ja
caré-Guaçu. Convênio EESC/DNAEE, jan/mar., 1982.
192. LEWIN, K. *Teoria de campo-em ciência social*. Trad. por Caro
lina Martusceli Bori. São Paulo, Pioneira, 1969.
193. LEWIS, W.M. Primary production in the plankton community of
a tropical lake. *Ecological Monografia*, 44: 377-409, 1974.
194. LIVERMORE, D.F. & WUNDERLICH, W.E. Mechanical removal of or
ganic production from waterways. In: *Eutrophication: cau
ses, consequences, correctives*. Washington, National Acade
my of Science, 1969.

195. LUND, J.W.G. Phytoplankton. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
196. MAC GRECOR, A.N. & KEENEY, D.R. Man made lakes and human health. In: _____. *Nutrient reactions* Edited by N.F. Stanley e M.P. Alpers. London Academic Press, 1975.
197. MAC GRECOR, A.N. & KEENEY, D.R. *Nutrient reactions*. Edited by N.F. Stanley e M.P. Alpers. London, Academic Press, 1975
198. MACHADO, P.A.L. Apontamentos sobre a repressão legal da poluição. *Rev.DAE*, São Paulo, (97): 103-110, set., 1974.
199. MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo, Ed. Veres, 1959.
200. MARAIS, G.V.R. Relatório sobre as estações de tratamento de esgotos por lodos ativados de Brasília. In: *Programa de recuperação e manutenção do Lago Paranoá em Brasília*. Trabalho apresentado no 8º Congresso de Engenharia Sanitária, no Rio de Janeiro, dez., 1975.
201. MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona, Omega, 1974.
202. MARKUN, P.S. Uma pequena cidade, ainda de taipa. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 6 set., 1972.
203. MARTINS, H.B. *Interferências das algas na coagulação floculação e decantação*. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1979. Dissertação de Mestrado, EESC/USP.

204. MAU, G.E. Pilot-plant studies of refinery wastes treatment on trickling filters. *Jour.Sewage and industrial wastes.*, 26 (10): 1236-1254, oct., 1954.
205. Mc CARTY, P.L. *Biological process for nitrogen removal: Theory and application*. California, Stanford University, 1970.
206. McCAULL, J. & CROSSLAND, J. Overfed. In: _____. *Water Pollution*. New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1974.
207. MEICHES, J. Saneamento e desenvolvimento. *Rev. DAE*, São Paulo, (88): 15-33, dez., 1972.
208. MENDIOLA, A. *Ingenieria Sanitaria: Lecciones dictadas en la Escuela de Ingenieros*, Lima, 1944.
209. MELCHIOR, A. etl. alii. Preservação de mananciais para abastecimento Guarapiranga - modelo para preservação. *Rev.DAE*, São Paulo, (102): 14-25, 1975.
210. MELCHIOR, A. et. alii. Preservação de mananciais para abastecimento Guarapiranga - modelo para preservação. *Rev. DAE*, São Paulo, (102): 14-25, 1975.
211. MILLER, A.A. *Climatologia*. (Emingles Climatology) Trad. espanhola por Ismael Antich y Luis Jordá. 4. ed. Barcelona, Omega, 1975.
212. MILLER, W.E.; MALONEY, T.E.; GREENE, J.C. Algal productivity in 49 lake as determined by algal assays. *Water reseach*, 8 667-679, 1974.

213. MIRANDA, M. O balanço das águas. *Rev. Saneamento*, 50 (2):88-91, abr/jun., 1976.
214. MODE, E.B. *Elements of Statistics*. 3a.Ed. Prentice-Hall, Albert A. Bennett, 1961.
215. MORAES, E.M. *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter-relação ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas-Itirapina-SP)*. São Paulo, Inst. de Biociências. Universidade de São Paulo, 1978. Dissertação de Mestrado - Inst. de Biociências, Universidade de São Paulo.
216. MORTIMER, C.H. General and in large lakes in particular. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Sciences, 1969.
217. MOURA, V.L.P. et. alii. *Variação anual da biomassa de fito-plancton nos lagos Paranoá, Descoberto e Santa Maria do Distrito Federal*. Trabalho apresentado no 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Manaus, 1979.
218. NEWELL, I.L. & ALMQUIST, F.O.A. Contamination of ground water by synthetic detergents. *Journal Water Works Association*. (1): 61-74., mar., 1960.
219. NICHOLS, M.S. Nitrates in the environment. *Jour. AWWA*, New York, 57 (10): 1319-1327, oct., 1965.

220. NIMER, E. *Climatologia no Brasil*. Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento da Previdência da República/IBGE, Série Re cursos Naturais e Meio Ambiente, 1979.
221. ODUM, E.P. *Fundamentals of ecology*. Filadelfia, Saunders, 1959.
222. OLIVEIRA, F.A.N.de *O Lago Paranoá - aspectos atuais*. Brasília, Companhia de água e esgotos de Brasília, 1979.
223. OLIVEIRA, W.E.de Aspectos de saúde relacionadas ao desenvolvimento hídrico. *Rev.DAE*, São Paulo, (91): 90-93, set., 1973.
224. OLIEIRA, W.E.de Saneamento - Notícias e comentários. *Rev.DAE* São Paulo, (83): 11-12, dez., 1971.
225. OLIVEIRA, W.E.de Saneamento - Notícias e comentários, *Rev.DAE* São Paulo, (118): 22-23, 1978.
226. OPARIN, A. *A origem da vida*. (L'origine de la vie) Trad. por Ernesto Luiz Maia. 7a.ed. São Paulo, Símbolo, 1978.
227. PALMER, C.M. Algas e suprimento de água na área de São Paulo. *Rev. DAE*, São Paulo, 21 (37): 11-15, jun., 1960.
228. PALMER, C.M. *Control of interference organisms in water supplies*. Ohio, U.S. Public Health Service, 1956.

229. PALMER, C.M. *Algas em abastecimento de água*. Manual ilustrado acerca de la identificación, importancia y control de algas en abastecimientos de água. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1962.
230. PALMER, C.M. *Report of the algal in relation to water quality of Paranoã Lake*. Brasília, 1969.
231. PARKES, G.D.; PHIL, D.; MELLOR, J.W. *Melhor química inorgânica moderna*. (Mello's) modern inorganic chemistry) Trad. por Enrique V. Zappi. 4a.ed. Buenos Aires, El Ateneo, 1951.
232. PENMAN, H.L. El ciclo del água. In: *Scientific American Química y Ecosfera*. Madrid, 1975.
233. PERA, A.F. Padrões físicos e químicos. In: Água, qualidade, padrões de potabilidade e poluição. São Paulo, ABES/BNH/CETESB, 1974.
234. PHELPS, C.B. Tratamento de águas residuárias: generalidades, composição e concentração das águas residuárias; variações de vazão. *Rev. DAE, São Paulo*, (46): 23-28, set., 1962.
235. POMPEU, C.T. Legislação ambiental aplicável às grandes represas. *Rev. DAE, São Paulo*, (116): 58-63, 1978.
236. PORCELLA, D.B. Continuous flow (Chemostat) Assays. In: MEDDLE BROOKS, E.J. *Proceeding of the eutrophication*. California, 1969.
237. POTASH, M. A biological test for determining the potencial productivity of water. *Ecology*, 37 (4): 631-639, oct., 1956.

238. POWERS, C.F., & ROBERTSON, A. El envejecimiento de los grandes lagos. In: *Scientific America*, Madrid, 1975.
239. PRATT, C.J. Fertilizantes químicos. In: *Scientific American*, Madrid, 1976.
240. PROVASOLI, L. Algal nutrition and eutrophication. In: *Eutrophication; causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
241. QUEIROZ, V.O. de S. Abastecimento de água na cidade de São Paulo. *Rev. DAE*, São Paulo (52): 29-48, mar., 1964.
242. RAMADE, F. *Eléments d'ecologie appliquée*. Paris, McGraw-Hill 1974.
243. RANZANI, G. Solos do cerrado. In: FERRI, Mário Guimarães. Coord. *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo, Edgard Blucher, 1971.
244. REICHEN, C.A. *História da Química*. Trad. por Maria João Ataíde. Liv- Moraes Editora, 1966.
245. REIS, A.C. de S. Climatologia dos cerrados. In: FERRI, M. G. Coord. *Simpósio sobre o cerrado*, 3. São Paulo, Edgard Blucher, 1971.
246. REVELLE, R. *El agua*. In: *Scientific American*, El Hombre y la ecosfera. Madrid, 1975.

247. REVISTA DAE. (Nº Especial). Dados e curiosidades sobre os serviços de águas e esgotos em São Paulo. In: *1º Simpósio de Eng.San.* São Paulo, 18 a 30 abr., 1966.
248. ROCHA, A.A. Aspectos epidemiológicos e poluidores, vetores, sumeiros, percolados. *Rev. DAE*, São Paulo, (128): 63-68, mar., 1982.
249. ROCHA, A.A. et. alii. Estudos das condições sanitárias da represa de Americana. *Rev.DAE*, São Paulo, 31 (79): 369 - 378, jan., 1971.
250. ROCHA, A.A. & NARDUZZO, M. Aspectos ecológicos dos lagos do parque zoológico de São Paulo, *Rev. DAE*, São Paulo, (103): 45-51, 1975.
251. RODHE, W. Crystallization of eutrophication concepts in Northerm Europe. In: *Eutrophication: causes, consequences,cor*rectives. Washington, National Academy of Science, 1969.
252. ROHLICH, G.A. Engineering aspects of nutrient removal. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washin-
gton, National Academy os Science, 1969.
253. ROHMER, R. & LEMAIRE, O. L'elimination des nitrates d'une eau au moyen des Resines Échangeuses D'Ions. *L'eau*, Paris, (9): 229-230, set., 1960.
254. RONDIERE, P. *La mort de l'eau*. Inglaterra, Flammarion, 1971.

255. RYTHER, J.H. & DUNSTAN, W.M. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171 (3975): 1008-1013, mar., 1971.
256. SALLOVITS, M. & SALLOVITS, M.J. *Tratado de Ingenieria sanitaria*. 5a.ed. Buenos Ayres, El Ateneo, 1951.
257. SANT'ANNA, N. Fontes e chafarizes de São Paulo. *Rev DAE*, São Paulo, (61): 19-20, jun., 1966.
258. SAVELLI, M. Histórico de aproveitamento das águas da região paulistana. *Rev. DAE*, São Paulo, (53): 82-87, jun., 1964.
259. SAWYER, C.N. Factors involved in disposal of sewage effluents to lakes. *Sewage Indust. Wastes*. 26: 317-325, 1954.
260. SAWYER, C.N. Problem of phosphorus in water supplies. *Jour. AWWA.*, New York, 57 (11): 1431-1439, nov., 1965.
261. SAWYER, C.N. Stream pollution. *Jour. Sewage and industrial wastes.*, 26 (3): 317-328, mar., 1954.
262. SENA, O.L.A.de A lagoa de estabilização como um processo de tratamento de esgotos. *Rev.DAE*, São Paulo, (47):84-104, dezembro, 1962.
263. SEWELL, G.H. *Administração e controle de qualidade ambiental* (Environmental Quality Management) Trad. por Gildo Magalhães dos Santos Filho. São Paulo, EPU/EDUSP/CETESB, 1978.
264. SHAPIRO, J. Blue-green algæ: why they become dominant. *Science*, 179 (4075): 382-384, jan., 1973.

265. SILVA, R.M.da Nova adutora do Guandu. *Rev.do Clube de Engenharia*, São Paulo, 28 (344 a 346): 12-14, abr/jun.,1965.
266. SMITH, G.M. The distribution and occurrence of fresh-water algae. In: _____. *The fresh water algae of the United States*. 2a. ed. New York, MacGraw-Hill. 1950.
267. SOARES, J.J. *Estudos sobre biomassa e produtividade do perifiton em macrofitas na represa do Lobo, São Carlos-SP*. São Carlos, Depto. de Ciências Biológicas. Universidade Federal de São Carlos, 1981.
268. SOUNIS, E. *Bio estatística: princípios fundamentais, metodologia, estatística, aplicação às ciências biológicas*. 2a. ed. São Paulo, McGraw-Hill, 1975.
269. SPIEGEL, M.R. *Estatística: Resumo da teoria, 875 problemas resolvidos 619 problemas propostos*. (Schaum's Outline of theory and problems of statistics) Trad. por Pedro Cosen-tino. São Paulo, McGraw-Hill, 1972.
270. STANLEY, N.F. & ALPERS, M.P. *Man-made lakes and human health* New York, Academic Press, 1975.
271. STEEL, Ernest W. *Abastecimento d'água: sistemas de esgotos*. (Water supply and sewage) Trad.por José de Santa Rita. Rio de Janeiro, SEDEGRA, 1966.
272. STEEL, Ernest W. & BERG, E.J.M. Effect of sewage irrigation, upon soils. *Jour. Sewage and industrial wastes.*, 26 (11) : 1325-1339, nov., 1954.

273. STRASKRABA, M. & STRASKRABOVÁ, V. Eastern European lakes. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
274. TAILLING, S.F. et. alii. The upper limit of photosynthetic productivity by phytoplankton: evidence from ethiopian soda lakes. *Freshwater biology*. London, 3 (1):53-76, feb., 1973.
275. THOMAS, E.A. The process of eutrophication in central European lakes. In: *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
276. TROLLOPE, D.R. & EVANS, B. Concentrations of copper, iron, lead, nickel and zinc in freshwater algal blooms. *Environ. Pollut.*, (11): 109-116, 1976.
277. VANDERHOEF, L.N. et. alii. Nitrogen fixation (acetylene reduction) by phytoplankton in Green Bay, Lake Michigan, in relation to nutrient concentrations. *Limnology and Oceanography*. 19 (1): 119-125, jan., 1974.
278. VERGEZ, Andre & HUISMAN, D. *História dos Filósofos* (Histoire des Philosophes Illustrée par les Texts) Trad.por Lélia de Almeida Gonzalez. 5ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976
279. VIEIRA, J.F. & MORAES, C.A.de. Qualidade das águas-eutrofização. *Rev. Saneamento*, 50 (2): 94-103, abr/jun., 1976.
280. VOGEL, A.J. et. alii. *Análise inorgânica quantitativa*. Trad. por Aida Espinola. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1980.

281. VOLLENWIDER, R. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to N and P as factors in eutrophications*. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development ed. 1970.
282. XAVIER, M.B. *Contribuição ao estudo da variação sazonal do fitoplâncton na represa Billings - São Paulo*. São Carlos, Departamento de Saúde Ambiental, Fac.Saúde Pública. Univ. de São Paulo, 1979. Dissertação de Mestrado - Fac.Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
283. YASSUDA, E.R. Importância do controle de qualidade. In: *Água: qualidade, padrões e potabilidade e poluição*. São Paulo, ABES/BNH/CETESB, 1974.
284. YASSUDA, E.R. *Reorganização institucional para proteção e desenvolvimento do meio ambiente*. México, 1974. Trabalho apresentado ao Simpósio sobre ambiente, salud y desarrollo en las americas, México, CEPIS, 1974.
285. YOSHIMOTO, P.M. et alii. RMSP - Evolução do aproveitamento das águas. *Rev. SPAM*, São Paulo, (4): 17-28, dez., 1980.
286. WARMING, E. & FERRI, M.G. *Lagoa santa e a vegetação de cerrados brasileiros*. (Lagoa santa et bidragtil den biologiske plantegeografi) Trad.por Albert Loegfren. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, 1973.
287. WATANABE, Takako. *Flutuação sazonal e distribuição especial do nano e microfitoplâncton na represa do Lobo (Broa) São Carlos-SP*. São Carlos, Depto.de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.

288. WEEKS, M.E. *História de los elementos químicos*. (Discovery of the elements). Trad.por A. Sanromã Nicolau.Barcelona, Manuel Marin, 1949.
289. WEIBEL, S.R. Urban drainage as a factor in eutrophication.In *Eutrophication: causes, consequences, correctives*. Washington, National Academy of Science, 1969.
290. WELCH, P.S. *Limnological methods*. London, MacGraw-Hill,1948
291. WELCH, P.S. *Limnology*. 2a.ed. New York, McGraw-Hill, 1952.
293. WESTBERG, KARL & COHEN, N. Carbon monoxide: its role in photochemical smog formation. *Science*. 171 (3975):1013 -1015, mar., 1971.
294. WETZEL, R.G. The nitrogem cycle. In:_____. *Limnology*. London W.B. Saunders Company, 1975, 743: 186-214.
295. WILLOUGHBY, L.G. *Freshwater biology*. New York, Pica Press, 1977.
296. WOLMAN, A. Havia regras sobre água pura há 4000 anos atrás. *Rev.DAE*, São Paulo, 34: 93-94, jul, 1959.
297. WOOD, C.E.; PEREZ, R.G.; SEROTA, T.D. Relationship between primary productivity, phytoplankton, and chlorophyll standing crop in freshwater ponds in a marine supratidal environment. In: *Annual meeting american society of limnology, and oceanography*. 35. Florida, Florida State University, mar., 1972.