

Processos eletrolíticos para depuração de esgotos - Uma revisão secular

Wolfgang G. Wiendl (1)

1. INTRODUÇÃO

Ou o Brasil desenvolve, adapta e implanta uma tecnologia mais adequada para o tratamento dos esgotos urbanos ou os seus técnicos perpetuam a mesma desculpa que sempre têm apresentado para a situação acumulativamente agravada da degradação de seus recursos hídricos: falta de recursos financeiros para a consolidação das soluções clássicas.

O processo eletrolítico foi descoberto por Leeds, em 1888, na Inglaterra e teve, logo depois, a sua primeira aplicação prática conduzida por Webster em Crossmess, Londres.

Já no início do século atual, foi aplicado em várias localidades da América do Norte: Santa Mônica (Calif), Oklahoma (Okla), Elmhurst (Nova Iorque) Decatur (Ill), Durant (Okla), Toronto etc. para ser, também logo depois e durante a década de 20 abandonado em todas elas, quase que simultaneamente.

A simplicidade do processo e as perspectivas de um rápido aprimoramento com base no desenvolvimento da eletrotécnica, da eletroquímica, da bioquímica, apenas incipientes naquela época, chegaram a entusiasmar o eng. Saturnino de Brito em 1909, o qual, apesar de apenas haver recebido informações técnicas sobre o assunto (principalmente sobre a instalação de Santa Mônica), vislumbrou a oportunidade de sua aplicação na agricultura (irrigação e fertilização) e antecipou a grande tônica da atualidade: "reuso dos recursos".

Decorridos 3/4 de século, a perspectiva do ressurgimento de um processo que possa vir a ser implantado com 20% (ou menos) dos investimentos exigidos pelos processos biológicos convencionais, despertou o mais vivo interesse do eng. Paulo Bezerril Jr. que, na Diretoria Financeira da Cetesb e acrescentando à perspectiva técnica da própria formação profissional a ótica financeira do cargo que ocupa atualmente, estimulou a elaboração do trabalho ora exposto nas suas linhas iniciais de uma tomada de posição.

Além do aspecto econômico acima destacado, as diretrizes técnicas apontadas pelo patrono de nossa engenharia sanitária mereceram a atenção do eng. Márcio Duarte Ribeiro, diretor técnico da Sanasa-Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S. A. — Campinas.

Da associação desses dois interesses (da Cetesb e da Sanasa que, evidentemente, não são mutuamente excludentes) resultou a implantação efetiva de um trabalho que, atualmente, se inicia na cidade de Campinas, teve o seu desenvolvimento apoiado nas diretrizes básicas expostas a seguir e pretende investigar as causas mais prováveis do abandono do processo eletrolítico, aparentemente precipitado e ainda não inteiramente esclarecido, nos anos da década de 20.

2. SINOPSE BIBLIOGRÁFICA E COMENTÁRIOS

Muito pouco, ou mesmo nada, precisaria ser acrescentado, como coisa fundamental ou como "novidade" até agora não prevista, ao trabalho: "Depuração das Águas dos Esgotos", (1) do eng. Saturnino de Brito, apresentado no IV Congresso Médico Latino-Americano, em 1909.

O patrono da engenharia sanitária brasileira pretendia, naquela época, que se criassem condições para revisão e restabelecimento das diretrizes básicas do tratamento dos esgotos com base em processos eletrolíticos.

Decorridos 3/4 de século, caberá destacar, por oportuno e atualizado, o mesmo questionamento repetido, enfaticamente, por Saturnino de Brito em vários trechos de seu trabalho, sobre o abandono do processo eletrolítico direto e encampação, por pretensa exclusividade, dos processos biológicos para a depuração dos esgotos. Talvez coubessem, apenas para satisfação do rigorismo da moderna nomenclatura técnica, algumas atualizações de termos e expressões como: "exame bacterioscópico", "fermentação formênica" etc. Entretanto, quanto ao conteúdo...

Da análise, superficial que seja, da atualmente extensa bibliografia sobre

processos eletrolíticos para depuração dos esgotos, depreende-se que, principalmente depois da terceira década de aplicação, houve uma brusca alteração de objetivos a serem atingidos com o tratamento. O processo que, até então, tinha como características mais fortes, a singela "esterilização" do esgoto bruto e a simples transformação dos seus compostos orgânicos em "substâncias imputrescíveis", passou a ser usado para outras finalidades, mais complexas e sofisticadas.

Saturnino de Brito contentava-se com os dois objetivos: esterilização e estabilização, mesmo porque talvez ainda não tivesse sido apresentado à "prova do copo água", quando a comprovação cabal da eficiência dos tratamentos modernos, cada vez mais caros e sofisticados, passou a ser demonstrada através da deglutição do líquido efluente, cristalino, desmineralizado e estéril.

E nem se via, àquela época, qualquer racionalidade no objetivo da potabilização, para efeito de consumo humano, dos esgotos domésticos e industriais. Já que se conspurcou a água com o transporte hídrico dos resíduos urbanos (num extravagante processo para o seu afastamento e cujas futuras escavações arqueológicas certamente escandalizarão as gerações futuras, deverá resignar-se a moderna tecnologia em oferecer o melhor destino a mais esse produto do progresso humano. Para a irrigação e fertilização agrícola: a disponibilidade de água, e compostos do nitrogênio, do fósforo, do potássio, todos contidos no esgoto das cidades. Assim, o mero exercício da lógica encaminharia a solução na direção mais racional. E a nossa civilização urbana deixaria registrada sua preocupação com uma benfeitoria agrária, fundamental à própria sobrevivência.

A busca imperiosa de soluções mais econômicas que as atualmente disponíveis e de uso sistemático poderá impor a reconsideração dos processos eletrolíticos, cuidadosamente arquivados durante os últimos 80 anos.

Os dados do fim do século passado e começo do atual, referentes às instalações de Crossness (Londres) e

(1) Eng. Cetesb/Campinas

Santa Mônica (Califórnia), eram bastante animadores: 1/5 do custo de implantação (incluindo as instalações para produção mecânica de energia elétrica) e 1/50 da área necessária, em relação aos processos biológicos com tanques sépticos e filtros. Segundo esses trabalhos, os objetivos iniciais do tratamento eletrolítico resumiam-se em: produzir sedimentos "imputrescíveis", evitar o desprendimento de "gases fétidos", não dar lugar à "criação de moscas" e esterilizar os esgotos efluentes.

Posterior e sucessivamente foram sendo introduzidas variações não só no próprio processo inicial como também em seus objetivos básicos.

A seguir, apresentam-se breves comentários sobre uma bibliografia consultada preliminarmente e que não só exemplifica os caminhos efetivamente derivados daquela linha básica inicial, como também traduz idéias e tendências apresentadas em épocas diferentes e sugere, atualmente, as mais cuidadosas reflexões.

No trabalho "Testes com o Tratamento Eletrolítico dos Esgotos em Elmhurst e Decatur", (2) o engenheiro norte-americano W. S. Shields contesta as considerações, publicadas no mês anterior (julho-1916) pela mesma revista (Engineering News), referentes a um relatório final que conclui pelo acerto da recomendação de interromper o funcionamento da estação experimental de Elmhurst em Nova Iorque, sob a alegação de custos operacionais e insegurança dos resultados para esgotos mais agressivos. Não só contesta a conclusão do referido parecer da comissão de engenheiros consultores, como afirma que utilizou os dados daquela instalação para projetar uma unidade semelhante em Decatur, cujos resultados iniciais de operação estavam comprovando amplamente os parâmetros do projeto. Assim, sete anos depois do trabalho de Saturnino de Brito, o assunto continuava tão polêmico como em 1909 e os argumentos tão emocionais quanto radicais.

Em: "Tratamento Físico-Químico da Mistura de Esgoto com Água do Mar por Eletrólise" (3) são apresentados resultados bastante satisfatórios obtidos recentemente (1975) com esse tipo de tratamento em pequenas unidades de laboratório norte-americano. Ao se compararem os consumos de energia em instalações convencionais conclui-se que: "torna-se necessário enfatizar que a rejeição do tratamento eletrolítico do esgoto com base nos altos consumos de energia é totalmente infundada".

Apesar disso, no começo do século e segundo a opinião de Saturnino de Brito, o processo indireto foi brilhante

e vigorosamente combatido pelo eng. Torquato Tapajós quando de sua pleiteada aplicação na cidade do Rio de Janeiro. Naquela época, apresentava-se como "extravagante" essa mistura com água do mar.

Em resumo, embora o processo indireto apresente atualmente resultados animadores, melhores perspectivas eram esperadas, no começo do século, com o processo direto.

No trabalho: "Utilização de Eletroflotação para Separação de Algas de Efluentes de Lagoas de Estabilização Aceleradas e para Tratamento de Esgotos Domésticos" (4) resumem-se algumas experiências realizadas na Cetesb e apresentadas em Fortaleza no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, em 1981, pelos engs. Pedro Além Sobrinho e Carlos Alberto Gomez. Os ensaios foram efetuados em modelo de laboratório, através de eletrólise da mistura dos mencionados efluentes com produtos químicos destinados a favorecerem as condições de eletrólise e consequente produção dos gases indispensáveis à própria flotação. Trata-se, pois, de mais uma variante destinada a uma finalidade bastante específica e derivada da mesma linha básica inicialmente prevista para os já mencionados objetivos mais simples e diretos.

Em: "Produção de Hipoclorito no Próprio Local" (5) resumem-se os resultados de uma instalação construída em Massachusetts para a desinfecção de esgotos sanitários e pluviais. Os custos de produção do desinfetante no próprio local são menores que os de obtenção de produtos comerciais transportados por caminhão. Como as demais aplicações anteriormente resumidas, trata-se de mais uma utilização relativamente complexa do mesmo processo inicialmente simples e objetivo.

Em: "Degradação Eletroquímica do Esgoto Doméstico" (6) resumem-se as pesquisas recentes (1971) de aplicação do processo eletrolítico direto, em pequenas instalações norte-americanas de laboratório. Discutem-se os vários detalhes julgados mais significativos como voltagem e energia aplicadas em função das efetivas degradações da matéria orgânica, materiais dos eletrodos etc.

Em: "Aplicação no Solo do Lodo Líquido dos Esgotos Municipais" (7) apresenta-se a atual tendência constatada entre as administrações municipais da região noroeste do Estado de Ohio: abandono de muitas instalações destinadas ao condicionamento dos lodos, cujo custo total de implantação foi avaliado em US\$ 1,174 milhão em 1975. Como o lodo estava sendo aplicado diretamente no solo, sugeriu-se a con-

tabilização dos lucros provenientes do aumento de colheita, a exemplo dos resultados obtidos com o longo transporte dos lodos de Chicago e Cleveland, respectivamente para os afastados municípios de Fulton e Stark, aplicados aí na recuperação dos solos de minas abandonadas. De certa forma, essa diretriz já fora estabelecida, no começo do século, pelos precursores do processo eletrolítico direto, ao preverem a aplicação dos esgotos assim tratados na irrigação e fertilização agrícola.

Finalmente, em: "Tratamento Eletroquímico dos Esgotos Municipais" (8) resumem-se as principais observações sobre uma tentativa de aplicação do processo eletrolítico no "polimento final de efluentes de Estações de Tratamento Secundário Convencionais. Além dos resultados claramente desanimadores obtidos em líquidos já depurados e pouco mineralizados, esse trabalho procura questionar os resultados favoráveis anteriormente obtidos em aplicações mais racionais. Nesse sentido, desde a extensa bibliografia apresentada, os resultados anteriores, especialmente quando favoráveis ao processo eletrolítico, passaram a ser objeto de considerações subjetivas e mesmo pejorativas. Além disso, sempre se procurou destacar a existência de patentes, como que alertando para os inconvenientes de usos indevidos e indiscriminados. Enfim, se não apenas nas entrelinhas, destaca-se no próprio trabalho a intenção mais ampla de desencorajar novas investigações ou aplicações imediatas do processo.

Com base nesses comentários sobre os trabalhos acima resumidos e, principalmente, à luz das atuais condições econômicas do país, poderão ser acrescentadas as seguintes considerações.

Um dos principais parâmetros para o dimensionamento e consequente determinação dos custos das unidades de tratamento é o tempo de detenção dos esgotos.

Nos processos biológicos, puros ou associados a processos físico-químicos, esse tempo varia desde algumas horas até vários dias, conforme se adotem estações convencionais (lodos ativados, decantadores, filtros, digestores etc.) até as singelas lagoas de estabilização. A essa variação de tempo de detenção associam-se os custos de estruturas civis, de equipamentos eletromecânicos, reagentes químicos, mão-de-obra especializada e, principalmente, os custos de desapropriação de extensas áreas de terrenos em zonas urbanizadas ou próximas a elas.

Assim, como parâmetros básicos para as decisões econômico-financeiras

na escolha do tipo de tratamento, estarão os tempos de detenção e, conseqüentemente, os custos das estruturas. Na implantação, os processos eletrolíticos exigem tempos de detenção de alguns minutos comparados às várias horas ou dias dos biológicos. Na operação, talvez nem mesmo os consumos de energia elétrica serão tão disparatadamente maiores que os de muitos processos biológicos convencionais. Nesse particular vislumbra-se, inclusive e dependendo da disponibilidade de áreas próximas, a oportunidade de aplicação das novas células fotovoltaicas para produção local e econômica de energia, ao menos durante os períodos diurnos de máxima produção de esgotos e demanda energética.

Na congregação desses fatores tem-se procurado demonstrar, economicamente e através dos tão conhecidos e difundidos argumentos da "economia de escala", a conveniência da máxima concentração do tratamento dos esgotos em enormes unidades depuradoras. Se continuarem sendo admitidas, como inquestionáveis, as premissas básicas pressupostas da vantagem da potabilização dos esgotos, bem como da necessidade de remoção de todas as substâncias misturadas em suas águas, então, realmente, não se obterão resultados muito diferentes dos que aí estão em uso, devidamente consagrados.

Entretanto, se for admitido, desde o início da argumentação, que o objetivo da depuração não mais será o da potabilização estrita e nem mesmo a retirada sistemática de toda e qualquer substância existente na massa líquida do esgoto, poder-se-á questionar a sistemática adoção dos processos exclusivamente biológicos para a depuração dos esgotos.

Essa colocação foi feita, em 1909, por Saturnino de Brito e prevalece até hoje.

Evidentemente, em termos exclusivamente técnicos, surgirão vários outros problemas até agora subestimados ou mesmo inexistentes na atual metodologia dos processos biológicos. E nem de outra maneira poderia ser, já que de uma nova tecnologia decorrerão outras questões inerentes aos novos objetivos.

Se for visualizada a disposição final no solo em vez de na água, se for percebido e acatado o fato de que os inconvenientes para a atual disposição preferencial, senão exclusiva, na água, poderão vir a ser os grandes méritos, inclusive econômicos, da dis-

posição no solo, disso decorre a expectativa de uma mudança bastante significativa não só de tecnologias específicas, mas também dos próprios interesses envolvidos no equacionamento do problema.

Ao sanitarista caberão os problemas relacionados com a segurança sanitária dos esgotos, envolvendo aspectos bacteriológicos, de vírus, de metais pesados, de demandas química ou bioquímica de oxigênio etc. Entretanto, ele não mais verá esses aspectos isoladamente, como um fim; a ele se associarão, na cadeia de um processo muito mais amplo, os técnicos em agronomia, em irrigação e fertilização, o zoólogo e o veterinário, o nutricionista, o eletricitista etc. Como fecho dessa cadeia, aí estão os economistas para exibirem os esperados superávits, inclusive financeiros, no confronto entre os custos despendidos para a adequação dos esgotos (tornando-os ao menos inofensivos às aplicações pleiteadas) e os benefícios, até agora e perdulariamente dispostos de maneira inadequada e mesmo prejudicial ao próprio meio ambiente receptor.

No final deste trabalho relacionam-se não só a bibliografia efetivamente consultada, como também a maioria das referências bibliográficas feitas por vários autores.

Diante da grande controvérsia no início do século envolvendo não só a própria conceituação científica dos processos de tratamento como também outros interesses mais imediatos e que perduram até hoje e se refletem, por exemplo, na pesquisa conjunta de renomada entidade pública com uma "corporation" diretamente interessada nos resultados (9), diante da evolução das tecnologias não só microbiológicas mas também, e principalmente, eletrotécnicas que já abrangem estudos de novas fontes energéticas com as células fotovoltaicas, diante desse quadro, também se acredita na conveniência da retomada dessa investigação que até poderá ser considerada "arqueológica" nesse final de século XX.

3. INSTALAÇÃO PILOTO E CUSTOS OPERACIONAIS

Além de duas Universidades com cerca de 50 mil alunos (Unicamp e Pucc) e um Instituto Agrônomo conhecido internacionalmente, Campinas conta com equipe altamente especializada em seus já tradicionais serviços urbanos de saneamento básico.

Numa primeira etapa, imediata, depois de discutido o trabalho de Saturnino de Brito, a Sanasa - Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S. A., decidiu construir, em caráter experimental, uma pequena calha eletrolítica a ser instalada, provisoriamente, junto a uma de suas depuradoras convencionais, para a mais fácil obtenção de parâmetros básicos da pretendida reavaliação preliminar do processo.

A seguir e eventualmente, diante dos resultados dessa instalação provisória, ela poderá vir a ser transferida para um pequeno loteamento na periferia da cidade. A jusante desse local existe uma área não urbanizada onde se tornará possível a implantação de pequenos campos experimentais de irrigação.

Ao ser selecionado esse pequeno loteamento na periferia da cidade, ficou evidenciado não só o caráter experimental do trabalho como também o claro objetivo de uma investigação preliminar, mas já ao nível de instalação piloto.

Além da solução final do esgoto, objetivo principal deste relatório, será investigado o problema da coleta. Esse outro aspecto, até mais significativo diante da preocupação de redução dos investimentos totais para implantação do sistema geral (coleta, transporte e tratamento) de esgoto, está sendo abordado segundo uma nova metodologia, de implantação recente e muito bem sucedida no Rio Grande do Norte.

No que se refere ao tratamento eletrolítico, a Sanasa pretende apenas aproveitar, de imediato, os resultados que ficaram registrados, historicamente, quando da aplicação do processo no início do século, reanalisando-os à luz dos modernos recursos da tecnologia de hoje.

Assim, a etapa preliminar de pesquisa, ao nível de laboratório, será eliminada pois substituída pelos referidos registros históricos da aplicação prática no início do século, mesmo porque eles terão se baseado nos estudos precursores de Leeds na Inglaterra, muito provável e necessariamente em escala de laboratório, antes de 1888.

Embora se preveja a aplicação prática do processo a partir da etapa em que foi abandonado, não deverão ser descuidadas as investigações paralelas, evidentemente oportunas e mesmo indispensáveis, ainda que em escala extremamente reduzida de laboratório, para análise de diversas va-

riáveis que, evidentemente, nem mesmo poderiam ter sido consideradas naquela época, diante dos então limitados recursos tecnológicos disponíveis.

Com a investigação piloto, já poderão ser feitas algumas avaliações relativamente seguras, ainda que bastante preliminares, sobre certos indicadores de custos, tanto de instalação como de operação. Ainda assim, sendo de 700 l/s a vazão total afluyente à depuradora onde se instalará a calha eletrolítica, a vazão de 2 l/s desviada para o tratamento experimental poderá ser considerada bastante reduzida e até mesmo na perspectiva de "laboratório".

Ainda que antecipando os resultados a serem obtidos na instalação piloto do processo eletrolítico para a definição de alguns parâmetros básicos, dentre os quais os de custos de implantação e de operação, ainda assim poderão ser feitas as seguintes avaliações e comparações preliminares.

No caso em estudo, a vazão média total deverá ser da ordem de 150 m³/dia.

Uma lagoa aeróbica, com 1 m de profundidade e 15 dias de detenção, tradicionalmente usada como processo econômico e recomendado para instalações de pequeno porte, exigiria um espelho d'água de 2.500 m² a ser implantado em terreno de área mínima de 3 mil m² e de custo estimado em Cr\$ 10 milhões (600 UPC), conforme os preços atuais nos loteamentos periféricos da cidade. Considerando que a lagoa poderá ser construída em terrenos inadequados à urbanização, naquele custo mencionado poderão estar incluídos os de construção da própria lagoa, dentro da precisão numérica dessa avaliação preliminar. Desprezam-se também os custos operacionais (limpeza de margens e manutenção do maciço) da instalação.

A calha eletrolítica para a depuração de 2 l/s, que venha a funcionar segundo parâmetros hidráulicos e elétricos semelhantes aos de Santa Mônica, deverá ter cerca de 3 m de comprimento e secção transversal de 0,4 x 0,2 m. Nessa calha, também de madeira, serão instalados três conjuntos de eletrodos, cada um constituído por dez chapas de 3/16" e 0,7 x 0,2 m.

Estima-se em cerca de Cr\$ 200 mil o custo dos materiais para construção da calha e eletrodos; o equipamento elétrico para alimentação dos três conjuntos de eletrodos (corrente contínua de 50 A e 2 V) não deverá elevar

o investimento total para implantação além dos Cr\$ 2 milhões.

Quanto à operação, a energia consumida nos 100 Watts instalados, corresponderá a uma despesa mensal de Cr\$ 7 mil (com base na atual tarifa residencial da concessionária). Admitindo-se que a vida útil dos eletrodos seja de um ano, as principais despesas operacionais dessa instalação não excederão Cr\$ 20 mil/mês.

Assim, em conclusão, a economia de investimento com a implantação do processo eletrolítico terá o significado de Cr\$ 80 mil/mês se aplicado à taxa de 1% ao mês. Esse valor cobre, com folgada margem de segurança, os mencionados custos operacionais de Cr\$ 20 mil/mês.

4. OBSERVAÇÕES FINAIS

Diante do resumo bibliográfico apresentado no item II, onde os assuntos se agruparam aproximadamente segundo a cronologia em que foram apresentados; diante dos breves comentários, apresentados simultaneamente com os referidos resumos, e julgados mais pertinentes à luz das condições tecnológicas-econômicas atuais do país; diante das rápidas diretrizes apontadas no item III relativas a uma instalação piloto em construção na cidade de Campinas, poderão ser consideradas as linhas gerais de eventuais atividades subsequentes e decorrentes dos objetivos a seguir apresentados.

1) Deverão ser revistos os objetivos finais a se obter com o tratamento do esgoto urbano, hoje estabelecidos e amplamente divulgados como ideais para condições econômicas privilegiadas, mas, ainda assim, de resultados práticos e econômicos bastante questionáveis mesmo para elas.

2) No caso do Brasil, e mesmo do Estado de São Paulo, impõe-se a prioridade da implantação de unidades de construção e operação as mais baratas e condizentes com suas efetivas condições econômicas.

3) Os processos eletrolíticos (diretos e indiretos) para depuração terão sido abandonados muito precipitadamente e diante do objetivo, pressupostamente ideal, da potabilização dos esgotos.

4) A resistência aos processos eletrolíticos, desde que evidenciada suas vantagens sobre os biológicos, somen-

te será explicada por uma destas alternativas:

- ignorância;
- comodismo;
- interesses imediatos; e
- implantação prática inadequada.

5) Os esgotos urbanos poderão vir a ser disputados, dentro em breve, como rica fonte de matéria-prima para irrigação e fertilização agrícola. Eles contêm: água, nitrogênio, potássio e fósforo indispensáveis às atividades agrárias. Os novos investimentos (a serem feitos) nas tradicionais barragens para irrigação poderiam vir a ser comparados com aqueles (já efetuados) no sistema coletor urbano; os custos de aquisição de fertilizantes manufaturados (até importados), com a farta disponibilidade desses mesmos nutrientes nos esgotos (puramente nacionais); os benefícios da utilização racional desses recursos disponíveis, poderiam ser comparados com os prejuízos ambientais de sua aplicação indevida e pouco inteligente (até agora, invariavelmente na água).

6) O radicalismo das posições a serem adotadas na primeira fase de transição poderá vir a ser tão prejudicial quanto a indiferença atualmente predominante. Nesse sentido, ao nível atual da tecnologia disponível para a disposição final dos resíduos líquidos urbanos, vislumbram-se as alternativas básicas:

— processo eletrolítico direto, quando disponíveis áreas para agricultura (provavelmente aplicável à grande maioria das concentrações urbanas do país);

— processo eletrolítico de flotação (eletroflotação), quando necessário o atendimento de parâmetros mais restritivos (por exemplo: aglomerados urbanos, em praias de balneários);

— processos biológicos convencionais, quando estritamente indispensáveis os grandes investimentos para a preservação física desse marco histórico da evolução da tecnologia contemporânea.

Evidentemente e ao menos enquanto não se defina uma doutrina definitiva e respaldada na experiência prática, as atuais condições de cada localidade levarão em consideração as vantagens e viabilidade de aplicações paralelas, em etapas sucessivas ou simultâneas, dos processos acima mencionados.

7) Particularmente no Estado de São Paulo, os primeiros resultados confirmativos da mencionada experiência piloto permitirão:

a) de imediato, seleção de algumas localidades de pequeno e médio porte, com disponibilidade de áreas a jusante e em condições favoráveis à irrigação, tanto isoladas como na periferia de maiores concentrações urbanas;

b) a curto prazo, implantação efetiva das primeiras unidades cuja operação será acompanhada por uma equipe técnica multidisciplinar (sanitaristas, eletricitistas, agrônomos, químicos, biólogos etc.), para análise e interpretação dos resultados, bem como estabelecimento das diretrizes práticas mais convenientes à conjuntura atual do Estado.

5. BIBLIOGRAFIA

A) BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- 1 — Saturnino R. de Brito, F., "Depuração das Águas dos Esgotos", Esgotos — Parte Geral, vol. II. Obras Completas. Imprensa Nacional. 1943.
- 2 — Shields, W. S., "Electrolytic Sewage Tests of Elmhurst and Decatur", Engineering News, 76, 370 (1916).
- 3 — Poon, C. P. C. and Brueckner, T. G., "Physicochemical Treatment of Wastewater — Seawater Mixture by Electrolysis", Journal Water Poll. Control Fed., 47, 66 (1975).
- 4 — Alem S., Eng. P. e Gomez, Eng. C. A., "Utilização de Electroflotação para separação de Algas de Efluentes de Lagoas de Estabilização Aceleradas e para Tratamento de Esgotos Domésticos", II Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza, 1981 (Cetesb).
- 5 — Michaleh, S. A. and Leitz, F. B., "On Site Generation of Hypochlorite", Journal Water Poll. Control Fed., 44, 1697 (1972).
- 6 — Hemphill, L. and Rogers, R., "Electrochemical Degradation of Domestic Waste Water", Proc. 28 th. Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Ext. Serv., Ind., may 1, 1971.
- 7 — Manson, R. J. and Merrit, C. A., "Land Application of Liquid Municipal Wastewater Sludges", Journal Waster Water", U. S. Public Health (1975).
- 8 — Milfer, H. C. and Knipe, W., "Electrochemical Treatment of Municipal Waster Water", U. S. Public Health Service Publication n.º 999 — WP — 19, 1965 (PB. 168794).
- 9 — Hinckley, H. V., "Electrolytic Sewage Treatment", Engineering News, 67, 532 (1912).

- 10 — Editorial, "A Review of Attempts to use Electricity in Sewage and Water Purification", Engineering News, 67, 534 (1912).
- 11 — Editorial, "A Quarter-Century of Attempts to Utilize Electricity in Sewage and Water Purification", Engineering News 67, 555 (1912).
- 12 — Neyitt, I. H., "Tests of the Electrolysis of Sewage at Toronto", Engineering News, 71, 1076 (1914).
- 13 — City (New York) Board of Consulting Engineers, "Final Report on Elmhurst Disposal Plant", Engineering News, 76, 91 (1916).
- 14 — Welker J. E. "Electrolytic Sewage — Treatment Tests at Durant, Okla", Engineering News, 76, 546 (1916).
- 15 — Sadek, Shafik E., "An electrochemical method for Removal of Phosphates from Waste Waters", Federal Water Quality Administration Water Pollution Control.
- 16 — Cometa, Emílio, "Energia Solar, Utilização e Empregos Práticos", Hemus Editora, 1982.
- 17 — Jewell, W. J., and Seabrook, B. L., "A History of Land Application as a Treatment Alternative", 83p. EPA, 430/9 — 79-012 (PB. 298227), April 1979.
- 18 — Koerner, E. L. and Haws, D. A., "Long-term Effects of Land Application of Domestic Wastewater — Roswell, — New Mexico, Slow Rate Irrigation Site", 180p. EPA — 600/2 — 79-047 (PB 295503). fev. 1979.
- 19 — Cynamon, S. E., "Sistema não Convencional de Esgotos Sanitários a Custo Reduzido para Pequenas Coletividades e Áreas Periféricas", Esc. Nac. Saúde Pública, Cadernos de Saúde Pública, ano I, série 1, 1980.
- 20 — Santos, H. F., "Aplicação do Lodo de Estação de Tratamento de Esgotos em Solos Agrícolas, Revista DAE, n.º 122, 1979.
- 21 — Lima, Antonio Figueiredo, "A evolução dos métodos de Tratamento dos Esgotos", tese livre docência, Esc. Eng., Univ. Recife, Pernambuco — 1952.
- 22 — Fredricksson, E. W. Gaglione, S., "Cloração de Esgoto Bruto — Contribuição para o Estudo da Disposição dos Esgotos de Santos e São Vicente, Ref. Cetesb, 3/out/1973.

B) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Engineering News 21, 338 (1899); 83, 1026 (1919); Allen, K; 83, 541 (1919); 85, 25 (1920); Craig, RH; 84, 135 (1920); Evans, J. A.; 89, 658 (1922); Fuller, G. W.; 90, 972 (1923); 91, 993 (1924); 97, 966 (1926); Landreth, C. P.
- Engineering Record 66, 55 (1912); Collier, W. R.; 70, 430 (1914); Phelps, E. B.; 70, 292 (1914); Travis, P. M.; 70, 315 (1914); 70, 429 (1914); Landreth, C. P.; 74, 596 (1916); Banton, E.
- Engineering News Record 83, 569 (1919); 89, 659 (1922); Bascon, H. F.; 97, 422 (1926).

- Municipal Engineering 40, 228 (1911); 41, 461 (1911); 44, 135 (1912); 47, 279 (1914); Connoly, M. E., and Travis, P. M.; 49, 141 (1915); Benham, W. L., 49, 222 (1915); 50, 19 (1916); Roul, J. W.; 54, 68 (1918); Shields, W. S.; 57, 70 (1919); Emerson, C. A.; 63, 165 (1922).
- Municipal Journal 37, 556 (1914); 39, 551 (1915); 45, 386 (1918); 47, 131, 151 (1910).
- Electrical World, 13, 246 (1899).
- Caldwell, F. C., Ohio State Universt Bulletin XVI, n.º 42, June 1912.
- Olsen, J. C., Metallurgical & Chemical Engineering, 13, 735, 793 (1915).
- Creighton, H. and Franklin, B., Journal of the Franklin Institute, 188, 157 (1919).
- Dallyn, F. A., Johnson, G. A., and Delaport, A. V., Canadian Engineer, 46, 243 (1924).
- Schmidt — Lender, and Jung, Gesundheits Ingenieur, 55, 838 (1932).
- Dolivo — Dobrovol, SKII, L. B., Microbiologia, 6 (A), 498 (1937).
- Slagel E. A. Roberts, L. M., Sewage Works Journal, 14, 1021 (1942).
- British Chemical Engineering, 6, 754 (1961).
- Fuller, G. W. "Sewage Disposal", Mc Graw-Hill Book Co. New York, 1912, pp 550 to 576.
- Matis, K. A., "Treatment of Industrial Liquid Waster by Electroflotation", Water Poll. Control, 1980.
- Lewin, D. C. and Forster, C., "Protein Recovery from Wastes by Electroflotation", Effl. Wat. Treat, y 1974, 142.
- Bratby, John; Marais, G., "Experimental Techniques in Solidd — Liquid Separation" — University of Cape Town.
- Föyn, E., "Removal of Sewage Nutrient aby Electrolytic Treatment", Journal of International Association of Theoretical and Aplied Limnology, 569, 1964 — Verh. Intl. Ver. Limnol (ger) XV, 569 (1964).
- Eales, R., "Electrolyzed Sea Water Plays Big Role in Sewage Disposal Method", Chemical Engineering, 172-174, June 17, 1968.
- Culp, R. L. and Culp, L. C., "Advanced Waste Water Treatment", van Nostrand Reinhold Co., New York, 1971.
- Marson, H. W., "Electrolytic Sewage Treatment", Engineer, 591 (1965).
- Poon, C. P. C., "Electrochemical Process for Sewage Treatment", Proc. 28 th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Ext. Serv. W. Latayett, Ind., (may 1, 1971).
- Rhees, R. C., "Interface of Electro Chemical and Conventional Methods of Pollution Control", Tech. Publ. Pacific Engineering and Production. Company of Nevada, Henderson (1972).
- "Industrial Clean up on Shipboard Waste", Oceanology, 21 (1972).