Estação de tratamento de esgotos do Ipiranga

Instalação experimental de lôdos ativados

J. P. Jesus Netto
Eng.º Ajudante da 2.ª Secção Técnica

Desenvolvendo o seu programa de estudos, a Estação experimental de tratamento de esgotos do Ipiranga acaba de projetar e de construir uma instalação para o tratamento complementar dos esgotos, pelo sistema dos lôdos ativados, pondo-a em funcionamento em fins do ano próximo passado.

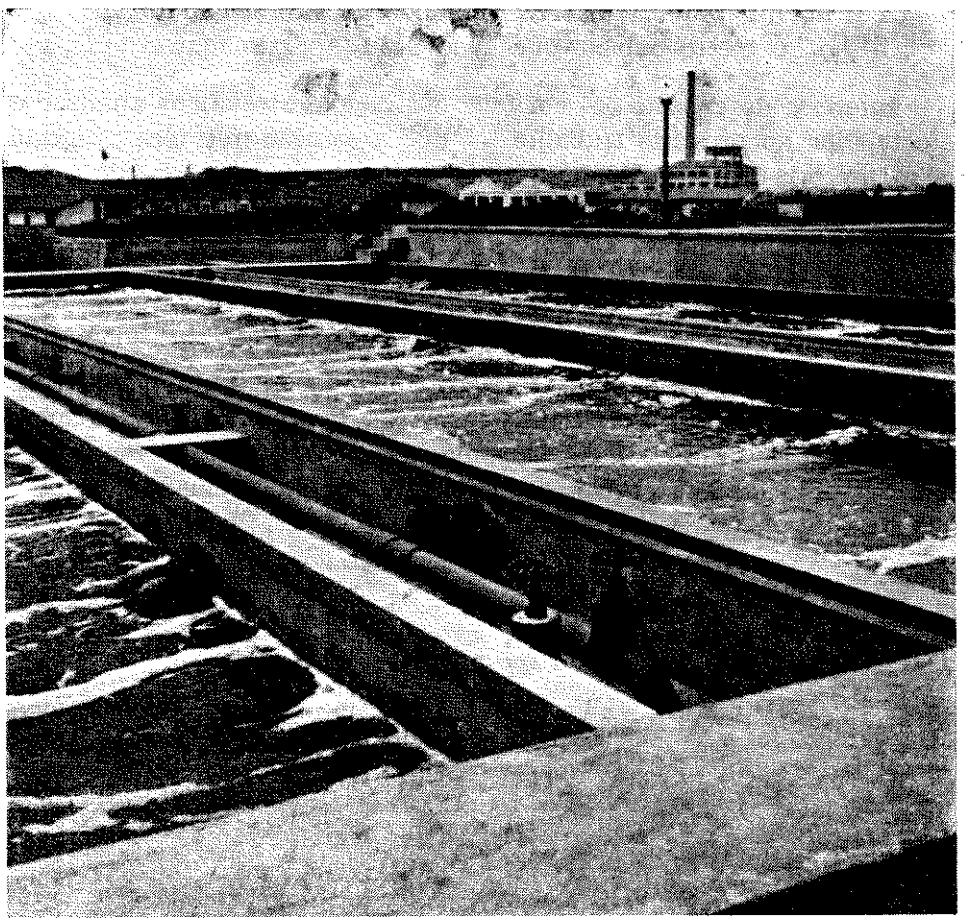
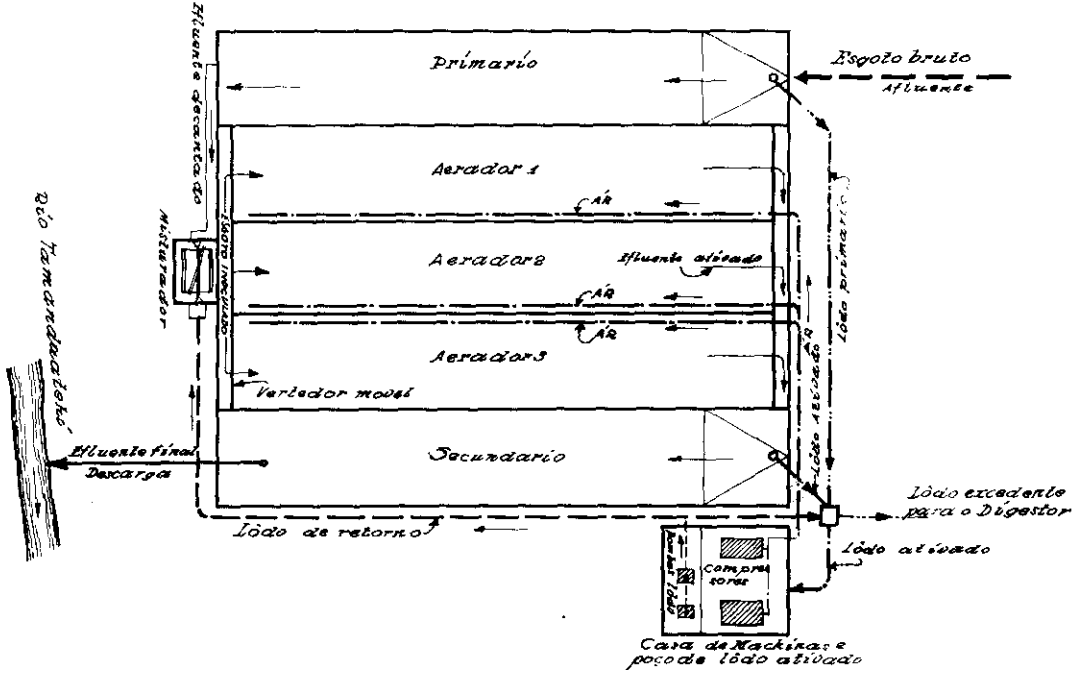


Diagrama do funcionamento da instalação de lôdos ativados do Ipiranga



Esta instalação — a primeira no gênero construida no país — permitirá à R.A.E. a ampliação das suas observações no campo dos sistemas de depuração biológica, iniciadas na Ponte Pequena, e prosseguidas em Santo Ângelo e Jaçanan, respetivamente pelos tipos de filtração biológica simples e aero-filtração biológica, e em próximo futuro no Ipiranga, com a projetada construção de unidades para o processo de biofiltração de Jenks, em simples e duplo estágios.

O processo dos lôdos ativados, segundo o conceito da "American Public Health Association", consiste, em resumo, na aéração e agitação de uma mistura de líquido de esgotos com uma certa porcentagem de lôdo bacteriologicamente ativo, na presença de abundante oxigênio atmosférico, por períodos de tempo suficientemente grandes para coagular o máximo das substâncias coloidais, que são sedimentadas, a seguir, sob o fórma de lôdo.

Inúmeras teorias têm sido aventadas sobre o caráter do processo dos lôdos ativados, todas elas envolvendo reações complexas de ordem biológica, físicas, bioquímicas, enzímicas e físicoquímicas. A natureza biológica do processo é todavia preponderante.

Experiências levadas a efeito na Universidade de Urbana, EE. UU., revelaram que o poder depurador do lôdo ativado anulava-se, quando submetido a esterelização pelo formól.

Certos autores atribuem o processo ao metabolismo de microorganismos, por absorção direta da matéria orgânica da fase solúvel, ou pela liquefação enzímica de coloides da fase dispersa, que são assim absorvidos através da membrana celular.

A teoria da oxidação enzímica do processo é defendida por numerosos pesquisadores, que constataram mesmo a existência de enzímas oxidantes ativos nos próprios organismos mortos que povôam o lôdo ativado.

Alguns autores afirmam que o envoltório gelatinoso das massas de Zoogléas do lôdo ativado, clarifica o esgoto dentro de uma ação similar à correção da dureza das águas pelos zeólitos, porisso que o lôdo contém cerca de 30% de zeólito inorgânico, capaz de absorver amoníaco e compostos orgânicos.

Ha uma teoria que atríbue a ação dos lôdos ativados a reações físicoquímicas. Esta teoria baseia-se na diferença entre as cargas elétricas dos coloides do esgoto e dos flocos de lôdo ativado, resultando na floculação daqueles sobre estes. Segundo esta teoria os flocos de lôdos ativados, e por conseguinte o elemento bacteriano do esgoto, possuem alta carga eletronegativa, sendo que o ponto isoelétrico dos sólidos proteicos dos despejos avizinha-se de um $pH = 6.5$. A redução deste pH aumenta a floculação e consequentemente a clarificação. De acôrdo ainda com esta teoria, um dos resultados imediatos da atividade bacteriana, seria a produção de sais cristaloides solúveis, com propriedade de elevar o ponto isoelétrico dos coloides na visinhança dos flocos de lôdo. A teoria, todavia, encara apenas a clarificação do esgoto, e não a sua oxidação.

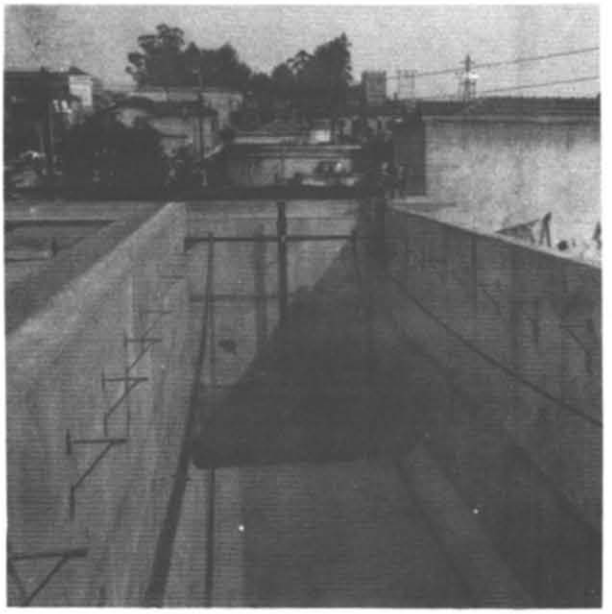
O processo, na realidade, assemelha-se, até certo ponto, a uma filtração, na qual, porém, em lugar de passar o líquido através de um meio filtrante, é o meio filtrante — constituido pelos flocos de lôdo ativado — que passa através do líquido. A importância desta ação será facilmente compreendida, se considerarmos a enorme superfície do floco de lôdo ativado, que atinge, segundo *Buswell*, 1640 metros quadrados por metro cúbico.

A absorção representa, segundo alguns pesquisadores, papel de relevância no estágio da clarificação, do processo dos lôdos ativados. Com relação à fauna protozoária, que povôa o lôdo ativado, as opiniões divergem quanto à sua ação. Segundo uns, a presença de protozoários constitue o melhor índice do potencial depurador do lôdo ativado, enquanto outros apenas concedem a tais protóbios um papel secundário na depuração propriamento dita. A tendência, não obstante, é para a manutenção de um balanço apropriado entre a vida protozoária e bacteriana, para a obtenção dos melhores resultados, pois a função essencial de certo plankton, no processo de oxidação bioquímica, é justamente manter a população bacteriana reduzida abaixo do ponto de saturação, facilitando a sua multiplicação contínua, e favorecendo deste modo a oxidação da matéria orgânica. Segundo a prática corrente, um lôdo em boas condições, em fase de nitrificação bem estabelecida, deverá conter poucos organismos flagelados, raras amebiáceas, com preponderância de ciliados.

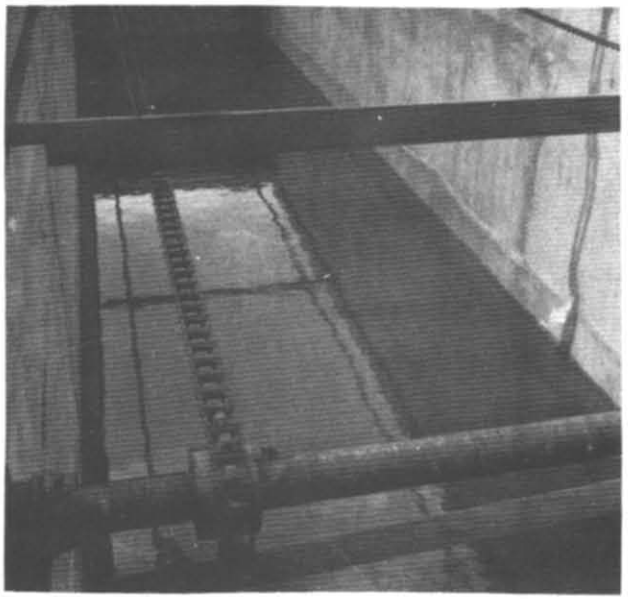
Sem nos determos nas teorias até aqui sumarizadas, e cujos detalhes estão amplamente divulgados na literatura sobre o assunto, podemos resumir em três as condições essenciais para bom termo do processo dos lôdos ativados: 1) suprimento adequado de ar; 2) presença de lôdo devidamente ativado; e 3) mistura íntima, por agitação, do lôdo com o esgoto. Estas condições são por demais evidentes: o ar, além de garantir o estado aérobico, mantém o lôdo em suspensão, e promove a mistura apropriada entre êste e o esgoto, onde quer que se empregue o ar difuso. Não é preciso insistir no fato de que o lôdo absorve os compostos orgânicos do esgoto, e que o material orgânico absorvido é oxidado bioquimicamente. A oxidação atinge primeiro os compostos carbonáceos, e, à medida que o processo continúa, o material azotado é convertido em nitritos e nitratos. A agitação, que é elemento importante no processo, provoca o turbilhonamento do esgoto, favorecendo a absorção do oxigênio atmosférico, e dando ensejo a que o oxigênio presente, a matéria orgânica dissolvida e as partículas coloidais, entrem em íntimo contato com os flocos de lôdos ativados.

A instalação de lôdos ativados do Ipiranga é integrado por duas unidades decantadoras, primária e secundária, e uma bateria de três tanques aéradores. É do tipo de escoamento contínuo, e a sua capacidade é de 2.600 metros cúbicos por dia. O tratamento opera-se em três fases: decantação preliminar, aeração, e decantação final.

A decantação preliminar do esgoto, antes da aeração, tem finalidade bem definida: demovendo grande parte dos corpos sedimentáveis do afluente, diminue a carga das unidades de ativação, e o con-



Decantador primário, com dispositivo para limpeza automática, fabricação nacional.



Decantador secundário.

sequente consumo de ar, tornando o esgoto mais uniforme, e produzindo menor quantidade de lôdos finais, cerca de 1% apenas do volume do afluente. O tanque de decantação primária é retangular, equipado de varredores de lôdo de fundo e de superfície, do tipo "straight line", e calculado para um período de detenção de 1½ horas. O lôdo coletado nesta fase é recalcado diretamente ao digestor da estação.

O decantador secundário ou final é do mesmo tipo do precedente, exceto o período de detenção que é de 2 horas. Esta unidade recebe o efluente floculado dos aéradores, promovendo a sedimentoção do lôdo ativado. Este lôdo é recolhido a um reservatório, de onde é recalcado, parte aos aéradores como lôdos de retorno, e as sobras diretamente do digestor da estação. Ambas unidades foras calculadas segundo as nórmas dos decantadores ordinários de esgotos.

Os aéradores são retangulares, e a seção transversal baseada no princípio do escoamento espiral.

O projeto de tanques aéradores está sujeito a certos princípios, inherentes ao processo de tratamento, que não podem ser desprezados.

A largura e a profundidade de tais tanques varíam, entretanto, consideravelmente. Os tanques muito profundos exigem maior compressão de ar.

Se o percurso ascencional das bôlhas de ar é muito grande, sucede que, na sua tendência para expandir e coalecer, ha uma diminuição nas respetivas áreas superficiais efetivas de tais bôlhas, com visível prejuizo para a absorção do oxigênio. Nos tanques de escoamento espiral uma largura aproximada até duas vezes a profundidade mantém bôa circulação do efluente. No que se refere ao comprimento, pode-se tomar cinco vezes a profundidade, como limite básico tendente a evitar as correntes em curto circuito. A resistência à circulação, no sentido transversal dos tanques aéradores, é consideravelmente reduzida pela adoção de defletores na parte superior das paredes verticais, e cantos quebrados na parte inferior. Estes defletores têm comumente inclinações de 40 a 45º sobre a horizontal, e reduzem a superfície livre do esgoto de 5 a 20%.

A quantidade de ar necessária ao tratamento é variável e depende do gráu de depuração desejado, do período ou tempo de aeração, do pretratamento dado ao afluente, e da concentração do esgoto considerado. O consumo de ar livre, em condições normais de pressão, temperatura e humidade, para o tratamento completo, varía de 4 a 12 litros, por litro de esgoto afluente, ou cerca de 1.2 a 3.2 metros cúbicos de ar por pessoa e por dia, na base da contribuição média "per capita" da população do Ipiranga. A prática tem demonstrado que a taxa média de oxigênio, requerida por um lôdo proveniente de esgoto com capacidade normal de oxidação, varía de 14 a 8 p. p. p. m. por grama de lôdo, em períodos de contato que vão de 2 a 6 horas. Segundo alguns experimentadores, a exigência de ar vai até 0.060 m. c. por grama de B. O. D. do esgoto influente; outros estimam tal consumo em cerca de 0.034 m. c. de ar por metro cúbico de esgoto, e para cada p. p. m. de B. O. D. a 5 dias, para depuração completa, afirmando que

essa quantidade varía muito pouco, qualquer que seja a intensidade dos tratamentos preliminares, precedentes ao lôdo ativado.

O período de aéração é tambem fator importante na tratamento pelo lôdo ativado, e varía ordinariamente entre 4 e 8 horas, dependendo particularmente da concentração do líquido de esgoto.

Os altos consumos de ar e longos períodos de aéração associam-se geralmente com o tratamento de esgotos densos e com a produção de efluentes finais altamente nitrificados. Inversamente, os pequenos consumos e curtos períodos de contato aplicam-se aos esgotos diluidos, com efluente final não nitrificado, com um mínimo de oxigênio dissolvido de 1 p. p. m.

De qualquer fórma, deverá existir em todos os pontos dos tanques aéradores, uma concentração moderada de oxigênio dissolvido, girando em torno de 1 a 5 p. p. m. Não é facil, como se está vendo, avaliar com precisão as diferentes taxas de ar exigidas por tal ou qual afluente, porisso que essas taxas dependem em grande parte da eficiência de absorção de oxigênio pelo ar difuso, das exigências do lôdo em oxigênio livre, e da quantidade deste elemento redutor absorvido da atmosfera em contato com a superfície livre do líquido de esgotos, nos tanques de aéração. Segundo a prática norte-americana, apenas 5 a 9% do oxigênio carregado pelas bôlhas de ar difuso é absorvido pelo esgoto em fase de ativação, donde se infére que de um litro de ar, contendo normalmente cerca de 273 p. p. m. de ovigênio, 13,7 a 24.6 p. p. m. são absorvidos por um litro de esgoto.

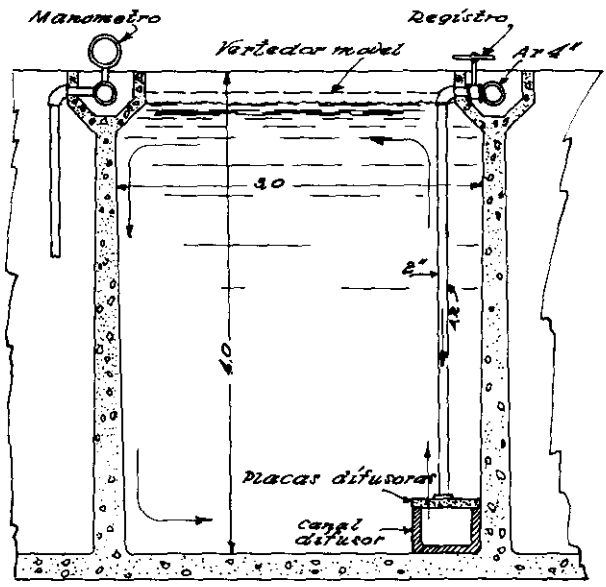
Os tanques aéradores do Ipiranga foram desenhados sob as bases gerais até aqui expostas, procurando-se todavia harmonisá-los com as observações anteriormente feitas em Ponte Pequena sobre a ação dos lôdos ativados nos nossos esgotos.

A capacidade da batería de tanques da estação póde variar até cerca de 8 litros de ar difuso por litro de esgoto, com períodos de contato, tambem variáveis, de 2, 4 e 6 horas, para um volume total afluente até 2.600 metros cúbicos por dia. A instalação está disposta de fórma a se poder aproveitar as variações da taxa de ar difuso, do tempo de aéração, e do volume de esgoto, em combinações experimentais, no sentido da pesquisa do ajustamento ótimo.

O método de aéração do esgoto é fator de máxima importância no tratamento pelo lôdo ativado, por isso que, sendo a principal finalidade dessa aéração o melhor aproveitamento possível do oxigênio disponivel carregado pelo ar, a distribuição deste pelo esgoto deve ser a mais eficaz possivel, sem falhas ou desperdícios, e dentro das estritas exigências do tratamento.

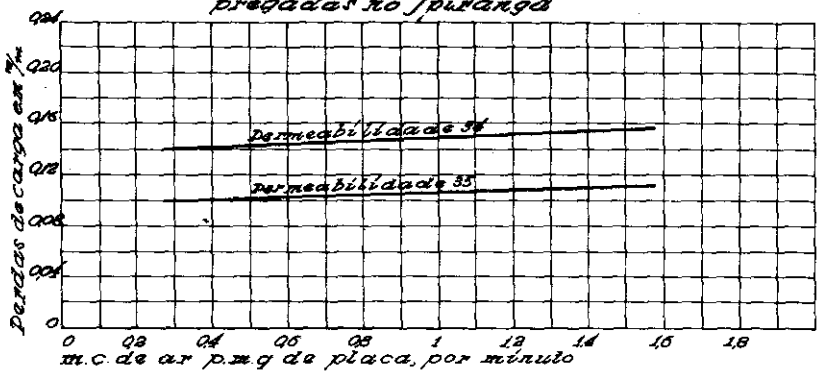
Existem três métodos de aéração: aéração mecânica, aéração por difusão, e aéração por combinação dos dois métodos precedentes.

As opiniões diferem, entretanto, quanto à eficiência de cada um desses métodos. Segundo uns, o maior suprimento de oxigênio provém da absorção natural na superfície do afluente, e que por conseguinte aquele elemento redutor será melhor aproveitado pela agitação das superfícies em contato com a atmosfera (aéração mecânica); ou-



Seção esquematica
dos aeradores do Ipiranga

Caracteristicas
das placas porosas Norton em-
pregadas no Ipiranga



tros são de opinião que o oxigênio carregado pelo ar difuso, em bôlhas através do esgoto, é melhor e mais facilmente absorvido (aeração por difusão); segundo outros, finalmente, uma combinação dos dois métodos resolverá mais satisfatoriamente o problema da aeração (ar difuso e agitação mecânica).

O método do ar difuso é todavia o mais empregado. Este método que foi experimentado em Ponte Pequena com resultados perfeitamente satisfatórios, é o adotado para o Ipiranga.

A difusão do ar através do esgoto faz-se, modernamente, por intermédio de tubos ou placas porosas, especialmente desenhadas para esse fim. No Ipiranga empregamos as placas porosas Norton, de 12" x 12" x 1", do mesmo tipo já anteriormente experimentado em Ponte Pequena (1936). As placas porosas são fabricadas de grânulos de óxido de alumínio cristalino, ou de areia altamente silicosa, e nitrificados sob temperatura acima de 1000° C. Devem corresponder a determinados característicos de resistência à corrosão, durabilidade, resistência à flexão, e resistência à colmatação.

De um modo geral as placas porosas resistem à ação dos ácidos e álcalis, exceção do ácido fluorídrico, e resistem ao dobro das pressões exercidas pela água, nos maiores tanques, de 4.50 metros de profundidade, repousando tais placas livremente entre apoios distantes de 28 cms. A quantidade de ar difuso fornecida por unidade de superfície da placa, varía entre 0.5 e 1.2 metros cúbicos por minuto e por metro quadrado, os maiores volumes associados a maiores perdas de carga. A porosidade das placas é medida pela relação entre o seu volume total e o volume dos vasios, e varía ordinariamente entre 30 e 38%. Quanto mais alta é a porosidade, menor é a perda de carga, e menores são os perigos da colmatação.

A permeabilidade das placas difusoras tem importância capital na eficiência de operação dos tanques aeradores. Esta permeabilidade, segundo os "standards" norte-americanos, é expressa pelo volume em pés cúbicos (1 pé cYbico = 28.32 litros) de ar livre, à 70°F (21°1 C), e humidade relativa de 10 a 25%, que passa para a atmosfera através de 1 pé quadrado (0.093 m. q.) de placa sêca por minuto, quando submetido a uma pressão de 2 polegadas (51 m. m.) de coluna dágua, sob a placa. As instalações de lôdos ativados por ar difuso em Norte-América, usavam primitivamente placas difusoras de baixa permeabilidade (cerca de 10), na crença de que se obtinha maior oxidação, dado que a difusão do ar em bolhas minúsculas desenvolvia maior superfície de contato efetivo, entre as bolhas e o líquido, por unidade de volume de ar, havendo por conseguinte maior absorção de oxigênio. Experiências recentes, porém, têm demonstrado que as placas de alta permeabilidade não só produzem superfícies de borbulhamento, por unidade de volume de ar, pouco menor do que as de baixa permeabilidade, como têm perdas de carga menores, visto como estas são inversamente proporcionais à permeabilidade.

A tendência atual é para o emprego das taxas de permeabilidades maiores, limitadas a um mínimo de 30, admitindo-se uma tolerância

de ± 10% na variação daquela taxa, para as placas porosas ordinárias.

As placas porosas empregadas no Ipiranga são do tipo Norton, como já ficou dito, com coeficiente de permeabilidade 34, a ± 20ºC., humidade relativa, 25%. A área de difusão foi tomada na base de 7.4% da área dos tanques de aéração, (esta porcentagem varía de 5 a 15% para o sistema "spiral-flow"), de sorte que cada tanque está equipado com 50 placas de 0,093 m. q. cada uma, para uma vasão total requerida de 1.03 m.c. de ar por minuto (8 litros de ar por litro de esgoto), e por metro quadrado.

Para esta vasão a perda de carga na placa de permeabilidade 34 é de cerca de 15 cms. em coluna dágua.

As placas foram assentadas em canaletas moveis, independentes, fundidas em concreto, e contendo 10 placas cada unidade, em fila singela. Esta canaleta recebe o ar comprimido por uma de suas extremidades, deixando-o difundir através das placas.

O ar é fornecido por dois grupos compressores Ingersoll, de 515 pés cúbicos. As perdas de carga, calculadas em libras por polegada quadrada, para efeito dos característicos "standards" dos compressores americanos, são as seguintes: resistência oposta pelo esgoto — 4.8 lbs.; resistência pela placa porosa, permeabilidade 34 — 0,3 lbs.; perda de carga total na rêde de distribuição do ar — 0.5 lbs.; total 5.6 lbs.; ou sejam 6 lbs., número redondo.

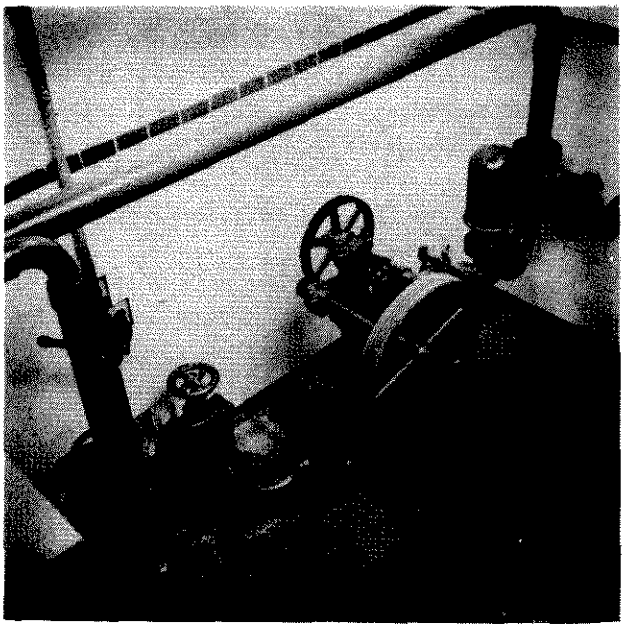
Os compressores estão calculados para uma pressão máxima original à plena carga, de 8 lbs. por polegada quadrada. A rêde distribuidora de ar é formada de tubos galvanisados de 4", 3" e 2" de diâmetro, com perdas de carga respetivamente de 0.2, 0.08 e 0.06 lbs. por 100 pés, para respetivas vazões de 515, 167 e 24 pés cúbicos de ar por minuto, à temperatura média de 37.5ºC.

A instalação prevê um retorno de mais ou menos 20% de lôdo ativado, em volume, aos aéradores. O lôdo de retorno é adicionado ao afluente numa caixa de mistura, equipada com agitador mecânico, desenhada para uma detenção de 10 minutos. Os lôdos excedentes podem ser retornados à decantação primária, ou encaminhados ao digestor da estação.

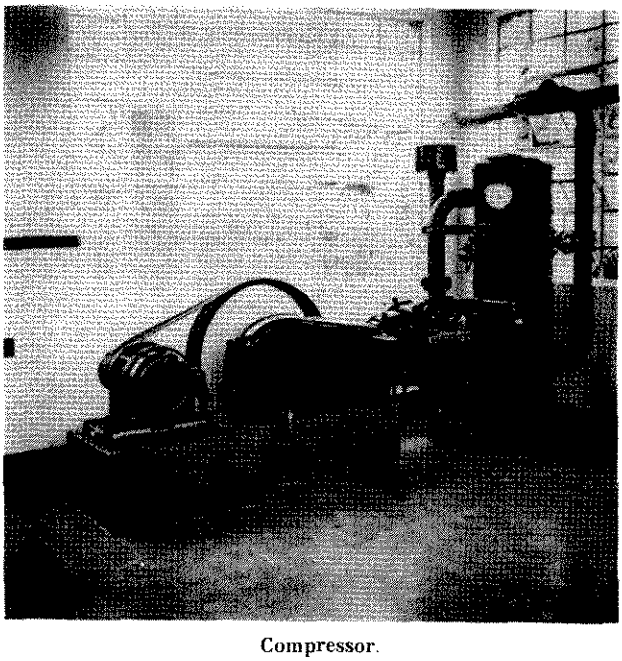
O retorno do lôdo ativado destina-se a manter um balanço adequado de flocos ativados no esgoto, no sentido da obtenção do melhor gráu de depuração. A quantidade de lôdo de retorno é medida geralmente em termos de porcentagem de volume de lôdo de retorno, calculada sobre o volume do esgoto que está sendo tratado.

Dada a variabilidade na concentração de sólidos dos esgotos, esta medida é muito relativa; todavia, ela orça em cerca de 20%, na prática. O retorno póde tambem ser calculado em porcentagem do volume de corpos em suspensão, no esgoto ao qual se inoculou lôdo ativado; neste caso, para esgotos de concentração média, e lôdo em boas condições, a taxa prática é de cerca de 12%.

Entende-se por lôdo ativado em boas condições, quando ele sedimenta ou se concentra rapidamente, é facilmente drenável, tem rela-



Bombas de lôdo — fabricação nacional.



Compressor.

tivamente baixa demanda de oxigênio, e, biologicamente, contém preponderância de organismos ciliados de grande porte, e poucos protozoários e organismos filamentosos, tais como o "Spherotilus natans", à cuja presença em excesso nos lôdos ativados, certos autores atribuem um decrécimo às vezes prejudicial (bulking) ao processo de ativação. O lôdo bem condicionado deve sedimentar à razão de 45—50 cms em 10 minutos. As propriedades físicas do lôdo ativado, porém, refletem-se melhor no seu "índice", ou seja, — o volume em mililitros, ocupado por 1 grama de lôdo, depois de 30 minutos de sedimentação. Este índice, que reflete as propriedades de sedimentação e concentração do lôdo, deve ser igual a 100 c.c. por grama, nos lôdos bem condicionados.

Póde-se ainda avaliar o lôdo de retorno em termos do pêso de sólidos em suspensão contido em um volume medido de esgoto, ao qual foi misturado o lôdo, e expresso em partes por milhão ou em porcentagem, — ou em outras palavras, — p.p.m., ou porcentagem, de sólidos em suspensão no esgoto inoculado, gravimetricamente. Nestas condições a taxa prática usual é de 2500 p.p.m., ou 0.25%.

A instalação de lôdos ativados do Ipiranga foi posta em funcionamento experimental recentemente, e atravessa um período de maturação, de sorte que é cedo ainda para quaisquer conclusões. Está sendo alimentada com o efluente final do tratamento químico da estação, com simples aeração, e sem retorno de lôdo. Já ha, todavia, algumas observações interessantes, que vale a pena referir.

Precisamos, porém, esclarecer inicialmente que a rotina ora seguida, de depuração secundária de um efluente já quimicamente tratado, destina-se mais ao ajustamento preliminar das diversas unidades, dentro dos caracteristicos para os quais foram desenhadas, do que a um sistema de tratamento propriamente dito. Todavia, embora o sistema fuja às linhas classicas dos lôdos ativados, pode constituir um processo posterior, destinado, por exemplo, a polir um dado efluente prétratado.

Poderá parecer absurdo que a alguem ocorra a idéia de tratar biologicamente um efluente já quimicamente depurado. Na prática, porém, e em certas circunstâncias especiais, tal absurdo pode ser até imperativo, sem que porisso péque a boa técnica. Poderá ser talvez um absurdo econômico. Mas o lado econômico depende de imperativos locais e de ajustamentos, dentro de padrões mínimos, que só a experimentação pode ditar. Aliás o tratamento químico associado aos lôdos ativados, já foi idealizado por Guggenhein, de N. York, sob a denominação de "Processo Bio-Químico".

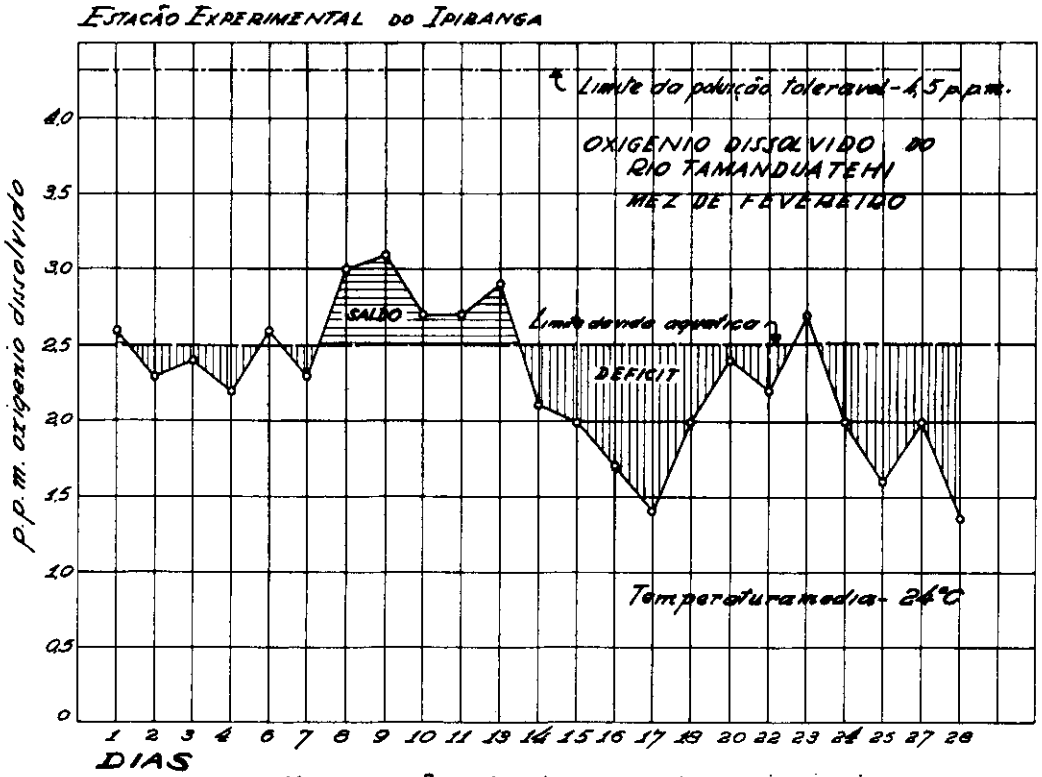
Embora o processo Guggenhein nada tenha de comum com o tipo inicial do Ipiranga, vê-se que da associação dos diversos sistemas de tratamento existentes, podem surgir novos processos, destinados a vencer em técnica os problemas do tratamento dos esgotos.

O tratamento químico no Ipiranga é operado com sulfato de alumínio, aplicado ao efluente predecantado em tanque Imhoff. A floculação e sedimentação final têm logar respetivamente em floculador e decantador circular Dorr.

Uma dosagem média de 50 p.p.m. de coagulante tem coberto satisfatoriamente a curva do *pH* do efluente do tanque Imhoff, — entre 6.3 e 6.9, — sem necessidade de correção pelo cal, produzindo coagulação geralmente boa. A adição do coagulante aumenta a taxa de corpos sedimentáveis do efluente predecantado, de cerca de 300%. A decantação final (tanque Dorr) produz efluentes com taxa mínima até 0.7 cc. de corpos sedimentáveis, com eficiência de sedimentação que atinge 80% em certos casos, contra 60% do decantador Imhoff, êste operando com esgoto bruto. O efluente final do tratamento químico é, porém, relativamente precário. Além de turvo, e de aspeto coalescente (turbidez de cerca de 200 p.p.m.), e apezar da boa taxa de decantação, êle sofre uma redução no B.O.D. que raramente atinge 35-40% sobre o esgoto bruto do Ipiranga, com cerca de 300 p.p.m. de demanda bioquímica.

É incompatível com o rio Tamanduateí, onde se faz a descarga, e que no período sêco apresenta-se geralmente com deficit de oxigênio dissolvido. Este efluente químico final, encaminhado ao sistema de lôdos ativados, e insuflado na baixa proporção de 4:1, período de contato variando entre 4 e 6 horas, sofre reduções no B.O.D. que vão acima de 90%, sem retorno de lôdo ativado, e com a instalação ainda incompletamente amadurecida, e em fase de ajustamento.

O efluente final deste tratamento tem turbidez inferior à do rio (cerca de 30 p.p.m.), é claro e relativamente transparente, com 0.00 a 0.1cc. de corpos decantáveis, 1.0 a 1.8 p.p.m. de oxigênio dissolvido, e *pH* girando em torno da neutralidade. Os lôdos misturados, — bruto, químico e ativado, — recolhidos ao digestor, e digeridos, apresentam-se com *pH* = 7.0 — 7.4, humidade 95—97%, e cerca de 40—45% de matéria volatil. Nos tanques de aéração, o oxigênio dissolvido tem oscilado entre 1.7 e 5.4 p.p.m. Absoluta ausência de cheiro, como aliás sempre sucedeu com a estação do Ipiranga. Estes resultados preliminares são promissores, e fazem prever pleno sucesso à instalação, quando integrada no ritmo clássico do processo dos lôdos ativados.



Variação da taxa de oxigenio dissolvido no Rio Tamanduatehy, periodo sêcco