

Avanços Tecnológicos no tratamento de águas residuárias*

ENG.º MAX LOTHAR HESS

INTRODUÇÃO

Há alguns meses, em setembro de 1977, realizou-se no auditório da CETESB, em São Paulo, Brasil, um seminário sobre "Técnicas avançadas de tratamento de águas residuárias e de controle da poluição das águas". Entre os expositores encontravam-se homens de experiência extraordinária como Klaus Imhoff, da Associação Sanitária do Vale do Rio Ruhr, Alemanha; Gerard Rohlich, da Universidade do Texas; John Chalas, da firma Metcalf & Eddy, de Boston, e Roy Summers, da TWA — Autoridade da Água do rio Tâmisa, Inglaterra.

Como uma das conclusões do Seminário, pode-se dizer que na última década nenhuma novidade apareceu que possa ser classificada como revolucionária. Assim mesmo houve consideráveis avanços e aperfeiçoamentos nos processos de tratamento existentes, e algumas técnicas conhecidas tão somente em escala de laboratório estão sendo aplicadas em instalações em escala plena.

Como exemplos que serão descritos neste trabalho podem ser citadas a remoção de nitrogênio pelo processo da anoxia, a remoção de cor em efluentes de indústrias de celulose e a aplicação agrícola do restilo das usinas de açúcar e álcool. Alguns conceitos evoluíram nos últimos anos, como os dos aspectos negativos da cloração de esgotos, a conveniência da recuperação do gás de digestor e a desnecessidade de aque-

cimento de digestores anaeróbios em países tropicais.

Pouco se tem conseguido de inovação em matéria de equipamentos para tratamento, podendo-se destacar as grandes rotativas muito finas, conhecidas comercialmente pela marca "Rotostrainer". Talvez mereça menção especial a técnica de sinterização do lodo de digestor para a produção de agregado leve para concreto e material para filtros rápidos de areia de dupla camada.

A digestão anaeróbia acelerada, permitindo a reprodução do volume dos digestores para menos da metade, é outro ponto de grande interesse.

Estes avanços tecnológicos, além de alguns outros, serão comentados a seguir e compreendem os seguintes campos:

- Processos de tratamento e de recuperação;
- Projeto e parâmetros de dimensionamento;
- Equipamentos.

Uma grande parte do progresso alcançado pode ser benéfica para o combate à poluição das águas em países em estágio de desenvolvimento.

PROCESSOS DE TRATAMENTO E DE RECUPERAÇÃO

- Tratamento preliminar e primário

Decantadores

Pode-se considerar uma técnica promissora, embora ainda pouco difundida, o uso de decantadores de fluxo laminar, já largamente empregado no tratamento de água potável e industrial. Infelizmente o preço crescente da matéria prima para a produção dos elementos plásticos tubulares, laminares e alveolares não

tem permitido um desenvolvimento mais intenso desta forma de sedimentação. A principal vantagem dos decantadores de fluxo laminar reside em suas dimensões reduzidas em consequência das elevadas taxas de aplicação possíveis, de até 180 m³/m². dia, o que equivale a dizer que requerem apenas um terço a um quarto da área necessária aos decantadores convencionais. Módulos tubulares estão sendo instalados em algumas estações de tratamento de despejos industriais no estado de São Paulo.

Remoção de cor

Um tratamento preliminar desenvolvido para despejos industriais e que trouxe resultados muito favoráveis para o ambiente aquático é a remoção de cor dos resíduos líquidos da indústria de celulose. Muitos processos de descoloramento foram investigados durante os últimos dez anos, porém sem êxito inicial, devido ao seu custo elevado. O melhor conhecimento sobre o comportamento da estrutura química da lignina permitiu o estabelecimento de três processos de remoção da cor escura até ao nível de um chá muito fraco, empregando somente reagentes normalmente usados no processo de fabricação: cal ou sulfato de alumínio. O processo do "mínimo de cal" emprega menos de 500 mg/l de cal para precipitar mais de 90% de lignina, e, portanto, da cor. A cal é recuperada.

Remoção de sólidos

Na parte de equipamentos encontra-se a descrição de uma grade rotativa capaz de substituir os decantadores com vantagens em determinados casos.

(*) Trabalho apresentado ao 16.º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, Santo Domingo, República Dominicana, em 21 de fevereiro de 1978. Tradução para o português pelo autor.

Desarenadores aerados

Ainda que sejam conhecidos há muito tempo, foi somente nos últimos dez anos que se tornou mais generalizado o emprego de caixas de areia aeradas para estações de tratamento médias ou mesmo pequenas. Nestas unidades a velocidade da água é praticamente independente da vazão e a areia retida é mais limpa do que a de unidades de fluxo longitudinal. Em geral não têm peças móveis abaixo do nível de água. Os desarenadores aerados têm sido empregados também na função múltipla de preaeração de esgotos sépticos e para a separação de óleos e graxas na mesma unidade, sem modificações importantes. Todas as estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo, a serem construídas durante o presente ano, terão desarenadores aerados. Serão os primeiros no Brasil.

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Filtro alveolar

O filtro biológico, após haver perdido sua popularidade, começa novamente a ser amplamente empregado sob várias formas diferentes. A forma mais comum é o filtro alveolar, no qual o suporte da biomassa é constituído por módulos que lembram uma colmeia de abelhas, construído de chapas plásticas muito finas. Esses módulos chegam a proporcionar uma superfície livre de quase 200 metros quadrados por metro cúbico e alguns tipos pesam menos de 30 kg/m³. Estes filtros normalmente são muito mais altos do que os convencionais, conhecendo-se casos de dez ou mais metros de altura. Um filtro deste tipo está instalado em um frigorífico e outro em uma fábrica de café solúvel no estado de São Paulo.

Filtro de discos

Outro tipo de reator biológico de ação semelhante à do filtro biológico comum é o "filtro de discos rotativos", já conhecido há muito tempo, porém somente agora encontrando vasta aplicação. Um número adequado de discos é montado sobre um eixo horizontal acionado por um motor de baixa potência. Os discos estão parcialmente imersos na água residual e a biomassa com que estão cobertos fica alternadamente exposta ao ar e ao resíduo. A eficiência do tratamento ultrapassa os 90%. São empregados principalmente em pequenas instalações, de até 2000 habitantes e encontram aplicação em conjuntos habitacionais periféricos

distantes da rede pública de esgotos. São em geral unidades transportáveis e devido ao seu preço elevado têm sido empregados mais frequentemente em casos de emergência. Há vários tipos de filtros a discos, comercializados sob diferentes marcas comerciais.

Lodos ativados anaeróbios

Um processo relativamente novo aplicável a efluentes industriais biodegradáveis de elevada concentração de matéria orgânica, são os lodos ativados anaeróbios. O reator assemelha-se remotamente aos digestores anaeróbios, porém é operado com esgoto em lugar de sê-lo com lodo. A matéria orgânica é biodegradada por microrganismos anaeróbios. A biomassa que sai misturada ao efluente do reator é concentrada por flotação e recirculada como no caso dos lodos ativados aeróbios. Consegue-se uma redução de DBO superior a 80% com tempos de detenção de 6 a 12 horas, com águas residuais de DBO superior a 5000 mg/l.

Oxigênio puro

Por outro lado estão sendo desenvolvidas algumas modalidades de lodos ativados com emprego de oxigênio puro. Embora já existam algumas instalações em escala plena, a maioria das estações é de escala — piloto. O tempo de aeração é um pouco menor do que o dos processos convencionais modernos, mas não muito quando comparado com as instalações biológicas européias que empregam tempos de aeração entre uma e três horas apenas. Entretanto, consegue-se uma operação mais segura contra sobrecargas e têm-se instalações completamente livres de maus odores. Entretanto este processo não deve ser empregado em países em estágio de desenvolvimento, nos quais o preço do oxigênio é muito elevado. Pode ser aplicado a alguns tipos de despejos industriais.

A aplicação de oxigênio puro em trechos de rios que se tornam anóxicos somente alguns dias por ano tem sido empreendida com êxito no rio Ruhr, na Alemanha. Desta forma consegue-se manter o mínimo necessário de oxigênio dissolvido, sem ampliar os sistemas de tratamento existentes.

Aeração prolongada

O processo de tratamento por lodos ativados modalidade "aeração prolongada" tem sido empregado em instalações muito maiores do que

tempos atrás, quando eram raras as estações com capacidade superior a 5000 habitantes. A barreira dos 25000 habitantes servidos foi quebrada pelo valo de oxidação de rotor vertical, mais conhecido pela denominação comercial de "Carrousel" e recentemente batizado de "reator de fluxo orbital". Na Holanda encontram-se instalações para mais de 200.000 pessoas. Outros reatores que não de fluxo orbital têm sido construídos para até 40.000 habitantes na França e a maior está em operação no Jefferson Country, Alabama, E.U.A., para 65.000 habitantes. No Brasil foram projetadas estações de aeração prolongada para mais de meio milhão de habitantes, porém ainda não foram construídas até o momento. Curitiba, capital do estado do Paraná, iniciou este ano a construção de seu "Carrousel" para aproximadamente 500.000 habitantes-equivalentes.

TRATAMENTO DO LODO

Digestão sem aquecimento

Talvez o maior avanço neste campo seja a constatação de que digestores anaeróbios em regiões tropicais não necessitam de aquecimento para que tenham tempo de digestão inferior a 30 dias. Medidas de temperaturas efetuadas em digestores não aquecidos das estações de tratamento de esgotos de Pinheiros e Vila Leopoldina, em São Paulo, assim como as das estações de Brasília (Asa Norte e Asa Sul), das estações de Recife (Cabaça e Peixinhos), da estação de Ilha do Governador, Rio de Janeiro, em trabalhos realizados pelos engenheiros Manuel Senra e Constantino Pessoa, revelam uma temperatura superior a 29°C durante quase todo o ano, e superior a 25°C durante os meses mais frios. Temperaturas medidas nos digestores experimentais da Universidade Central da Venezuela, realizadas pelo engenheiro Eudoro López, revelaram valores entre 30 e 36°C, sem aquecimento, especialmente depois que foram pintados de preto, para captar a radiação solar. Sabe-se, por outra parte, que a digestão anaeróbia é fracamente exotérmica, isto é, desprende calor durante seu desenvolvimento. Partindo-se de uma temperatura mínima de 25°C, consegue-se uma digestão em trinta dias em digestores convencionais, e em 20 em digestores de alta capacidade, dispensando totalmente o aquecimento. Aproveitamos a oportunidade para apresentar aqui esta comunicação prévia.

"Ovos digestores"

Digestores com forma ovoidal, com mistura intensa, têm sido empregados na Alemanha há mais de uma década, porém há apenas um ano começou seu emprego nos Estados Unidos da América do Norte, na cidade de Los Angeles. Estes digestores têm forma hidráulicamente favorável para a mistura completa, não apresentam problemas de acumulação de areia, nem de camada superior de espuma, além de oferecerem um aspecto arquitetônico excelente. Podem efetuar a digestão de lodo em 15 dias a 35°C.

Sinterização

Uma nova técnica de aproveitamento do lodo de digestor foi desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo, em colaboração com a SABESP. O lodo é desidratado, pelletizado, secado, sinterizado a 1300°C em poucos minutos com seu próprio poder calorífico, moído, estabilizado e classificado, constituindo-se em agregado leve para concreto. É constituído principalmente de aluminatos e óxidos de cálcio e ferro. Assemelha-se muito à argila expandida. O processo foi patenteado em todo o mundo, havendo sido a patente cedida à Passavant-Werke, da Alemanha, para exploração na Europa. Também está havendo interesse por parte de uma firma norte-americana. O síter fino residual revelou-se excelente material para substituir o antracito em filtros rápidos de areia de dupla camada, pois tem densidade adequada e extraordinária resistência à abrasão, além de ter preço irrisório.

REMOÇÃO DE NITROGÊNIO

Processo da anoxia

Desenvolvido pelo professor Gerrit van R. Marais, da República Sul-Africana, o processo consiste em reciclar o lodo ativado através de um tanque anaeróbico situado antes do tanque de aeração, ou através de uma região "anóxica" (desprovida de oxigênio livre), criada no próprio tanque de aeração por meio da substituição de um número adequado de aeradores por equipamentos de simples mistura, para evitar a deposição do lodo. Os compostos nitrogenados são transformados em nitrogênio livre e em compostos diversos que são biodegradados no tanque de aeração. Uma instalação deste tipo está em funcionamento na estação de tratamento de Brasília-Asa Norte, eliminando mais de 80% do nitrogênio total.

Filtro biológico anaeróbico

Passa-se o resíduo líquido de baixo para cima através de um leito de pedras análogo ao de filtros percoladores, sobre o qual se desenvolve a biomassa anaeróbica que fixa o nitrogênio. Como fonte de carbono isenta de nitrogênio emprega-se o metanol ou o etanol. Um filtro deste tipo está em operação em um frigorífico nos arredores de São Paulo, removendo mais de 70% do nitrogênio total.

Lagoas de aguapés

Em algumas instalações experimentais tem-se estudado a propriedade que tem o aguapé (ou jacinto d'água) de fixar grandes quantidades de nutrientes e de metais pesados existentes nas águas residuárias. Entretanto, o conhecimento do processo está ainda na infância, necessitando maior compreensão quanto ao crescimento rápido do vegetal, sua remoção da água, o regime de multiplicação durante as estações do ano, o destino do material coletado, a profundidade de ação das raízes e outros. Além disso existe o perigo de que o aguapé se propague a uma lagoa fotossintética próxima, prejudicando sua eficiência, como já houve casos na lagoa de estabilização da Cidade de Deus, Rio de Janeiro e em uma das lagoas de San Juan em Lima, Peru. Ainda que tenha sido revelado um exagerado entusiasmo por parte de muitos especialistas e que muitos trabalhos a respeito tenham sido publicados, a prudência manda que se espere um pouco, até que os resultados mereçam confiança.

Gás de digestor

Com a crise energética mundial cresceu muito o interesse pelo emprego do gás dos digestores anaeróbicos. Pode-se dizer que o valor do gás ficou multiplicado por quatro nos últimos cinco anos. As principais aplicações consideradas mais benéficas são a geração de energia elétrica para a operação da própria estação de tratamento, a produção de negro de fumo e a obtenção de metanol por combustão parcial controlada de metano. As duas primeiras aplicações já são de uso corrente em algumas estações. A produção de metanol encontra-se em fase experimental.

CLORAÇÃO DE AFLUENTES

A desinfecção de afluentes por meio do cloro está sendo objeto de grandes preocupações depois que se

descobriu a existência de alguns inconvenientes de certa gravidade:

- 1) A formação de compostos haloformos, principalmente os organoclorados com propriedades comprovadamente carcinogênicas, como resultado de uma pesquisa feita recentemente em New Orleans, E.U.A.
- 2) A resistência dos enterovírus, especialmente os da poliomielite e os das hepatites A e B, à ação do cloro nas concentrações habituais. Em consequência destes fatos estão sendo pesquisados outros desinfetantes, especialmente o ozônio com ou sem ultrassom. Assim sendo, não é mais recomendada a cloração final dos efluentes.

DISPOSIÇÃO SOBRE O SOLO

Este processo antigo de disposição está sendo retomado e estimulado pela nova equipe diretora da EPA nos Estados Unidos da América do Norte, sob a denominação imprópria de "tecnologia inovativa". A irrigação agrícola com águas residuárias já é praticada por quase um milhão de indústrias enlatadoras de conservas vegetais, nos E.U.A.

No Brasil está sendo estudada sistematicamente durante os últimos vinte anos a disposição do restilo da indústria do açúcar e álcool sobre o solo. A principal dificuldade reside no elevado teor de sais de potássio na cana de açúcar. Com a irrigação dos canaviais com restilo, este teor cresce até um ponto em que a cristalização do açúcar é prejudicada. As vezes verifica-se também uma queda no teor de sacarose da cana. A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, finalmente conseguiu encontrar a técnica adequada de aplicação do restilo, com a vantagem de dispensar completamente os fertilizantes químicos usuais.

RECICLAGEM DE BANHOS DE CURTUMES

O Centro Técnico do Couro de Lyon, França, desenvolveu um processo muito simples de reciclagem dos banhos de caleiro e de curtimento, de maneira a reduzir consideravelmente a carga de poluentes. Para os banhos residuais do pavilhão de ribeira faz-se um peneiramento através de telas com malhas de 1 a 2 milímetros de abertura; em seguida juntam-se as quantidades de cal,

sulfeto de sódio e água suficientes para restabelecer a composição do banho original. Pode-se repetir a reciclagem o número de vezes que se queira, sem prejudicar a qualidade do produto final. Os banhos de cromo são peneirados de maneira semelhante e utilizados como pré-curtimento do banho de níquel. Com isto consegue-se uma redução de até 50% da DBO, 80% dos sulfetos, 40% dos sólidos sedimentáveis e quase todo o cromo no efluente bruto. Esta técnica está em vias de implantação em dois curtumes de Campinas, SP.

TRATAMENTO TERCIÁRIO

Além da eliminação de nitrogênio já citada e que hoje em dia pode ser considerada incorporada ao tratamento secundário, pouco progresso foi conseguido nos últimos anos. Pode-se citar o emprego já largamente difundido de carvão ativado para remoção de pequenas quantidades de compostos tóxicos, de cor, cheiro e sabor, assim como de outras substâncias. Uma unidade deste tipo foi instalada recentemente em uma indústria de inseticidas no estado de São Paulo.

Também está em fase de produção comercial um dialisador de membrana para a separação de óleo emulsionado da água em que se encontra. A CETESB — São Paulo recebeu recentemente uma unidade experimental desse gênero.

PROJETO E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Lagoas de estabilização

Passou-se apenas um quarto de século desde que Oswald estabeleceu interrelação entre algas e bactérias no processo de tratamento por lagoas fotossintéticas. Muitos pesquisadores se ocuparam do assunto, estabelecendo critérios de dimensionamento. Ainda não se chegou ao fim, porém houve considerável progresso. As pesquisas prosseguem e hoje são preferidas as fórmulas de Marais e Gloyna para o projeto racional de lagoas. No Brasil a CETESB começou uma série de levantamentos de condições de funcionamento de várias lagoas existentes, para consolidar os conhecimentos a respeito e fixar parâmetros adequados de projeto para as características locais.

Modelos matemáticos

Depois que Busby e Andrews introduziram no clássico modelo de

Monod uma parte relativa à remoção de DBO por adsorção e floculação biológica, houve uma reabilitação dos modelos matemáticos empregados tentativamente para representar o processo de lodos ativados. Com o modelo de Monod não se podia explicar a considerável redução de DBO realizada em tanques de aeração, às vezes, em questão de minutos. Outro avanço está nos estudos de Pplanz, na Alemanha, sobre a relação entre o índice volumétrico de lodo, a taxa de aplicação de sólidos por unidade de área do decantador e a quantidade de sólidos suspensos arrastados com o afluente, permitindo com isto um dimensionamento integrado e mais apropriado do conjunto tanque de aeração — decantador final — relação de recirculação de lodo.

Projeto e operação baseados na idade do lodo

É uma técnica nova, proposta por Marais. A estação de tratamento por lodos ativados possui dois decantadores ou dois grupos de decantadores finais: um, destinado à recirculação do lodo ativado e outro, destinado à separação do excesso de lodo. Por este decantador, de dimensões modestas, faz-se passar por dia uma fração $1/n$ do conteúdo do tanque de aeração, sendo n a idade desejada do lodo, expressa em dias. Assim sendo, o operador pode regular a sua vontade a operação, pois conhece perfeitamente, sem a necessidade do controle permanente do laboratório, a idade do lodo. Todo o lodo do decantador maior é recirculado. Todo o lodo do decantador menor é descartado. No momento atual este processo ainda está em estágio experimental, porém tem um futuro promissor.

EQUIPAMENTOS

Essencialmente os equipamentos empregados hoje nas estações de tratamento são os mesmos de 20 anos atrás. Entretanto, alguns avanços podem ser enfatizados.

Grades finas rotativas

Mais conhecidas pela denominação comercial de "Rotostrainer", este tipo consiste de um esqueleto de aço inoxidável em forma de tambor horizontal, sobre o qual um arame também de aço inoxidável, de seção trapezoidal, se enrola como uma mola "espiral", deixando entre as espiras uma fenda que pode variar desde 0,25 mm até 2,5 mm. A água residual penetra pela periferia, ficando os sólidos

retidos sobre a superfície do tambor. Este tem um movimento lento de rotação e os sólidos são removidos por meio de uma lâmina raspadora. Um cilindro com 0,90 m de diâmetro, por três metros de comprimento e com um espaçamento de 1,5 mm entre as espiras pode receber uma vazão de esgotos de 220 litros por segundo. É uma unidade pequena e pode substituir os decantadores de gravidade em caso de pré-tratamento para lodos ativados, lançamentos submarinos etc. Nestes casos pode substituir também os desarenadores.

Filtros — prensas

Já conhecidos há muitos anos na desidratação de lodos, mas exigindo excessiva mão-de-obra. Nos últimos anos apareceram modelos ingleses, alemães e franceses com elevado grau de automatização, melhorando a aceitabilidade e estimulando o seu emprego, hoje já bem difundido. Dá como resultado um lodo com elevado teor de sólidos, em torno de 50%.

Incineradores de lodo

Ainda que tenham sido objeto de constantes melhoramentos, são ainda sujeitos a uma série muito grande de inconvenientes que obrigam às vezes a interrupções de funcionamento de vários meses. No momento não há nenhum modelo confiável. Não devem ser empregados em países em estágio de desenvolvimento, em virtude de seu preço, suas dificuldades e sua desnecessidade em face de outras possibilidades.

Centrífugas

Há muitas instaladas em estações de tratamento, mas não têm sofrido adaptações suficientes para satisfazer sempre às necessidades de elevada concentração de lodo com elevada percentagem de recuperação de sólidos. Em um grande número de casos ou bem se consegue uma boa concentração de sólidos acompanhada de apreciável perda de sólidos na fase líquida, ou bem se alcança uma boa recuperação percentual de sólidos, mas por outro lado o lodo tem alto teor de água. Seu emprego também não é recomendado.

CONCLUSÃO

Este relato tem por fim mostrar alguns avanços na tecnologia de tratamento de águas residuárias. Mostra também que, se alguma coisa foi feita, muito está ainda por fazer. Mãos à obra!