

seguinte, de arejamento, e, portanto, durante um tempo muito longo, ao contrario do que acontece geralmente nos leitos não submersiveis, aos primeiros chamou-se *leitos de funcionamento intermittente* e aos segundos *leitos de funcionamento continuo*, ou, mais abreviadamente e respectivamente — *leitos intermittentes* e *leitos continuos*.

Por mais de uma razão, taes designações são más. Com effeito confunde-se n'este caso o funcionamento do leito com o facto da existencia da agua de esgoto no seu interior; nos leitos da primeira classe, o periodo de submersão, designado por *periodo de actividade*, é contraposto ao de arejamento, que toma o nome de *periodo de repouso*, designação paradoxal tratando-se de um leito biologico, porque, se é durante o periodo de plenitude que a materia organica é fixada, é durante o periodo de vasio que a destruição d'ella, por oxydação, principalmente se faz pela intervenção dos agentes vivos; este ultimo periodo merece, pois, o titulo de *activo*, se não mais, pelo menos tanto como o primeiro.

Portanto nos leitos com phases de submersão o funcionamento é continuo, como nos outros; simplesmente, ao passo que nos primeiros as acções de fixação e as oxydantes se fazem em periodos nitidamente alternantes, distinctos e afastados, nos segundos, em que a passagem do ar acompanha ou muito rapidamente segue a da agua, as duas especies de acções realisam-se *simultaneamente* ou quasi. Notemos que este *simultaneamente* não quer dizer que ao mesmo tempo se dê a fixação e a oxydação de uma dada substancia organica; nos leitos insubmersiveis, para uma dada porção de materia, as acções de fixação e as de oxydação são ainda na sua maior parte successivas, se bem que muito approximadas no tempo; mas, ao passo que uma dada quantidade de materia organica se fixa, outra quantidade já fixada póde estar *na mesma occasião* soffrendo a oxydação, ao contrario do que acontece nos leitos submersiveis, nos quaes as materias que são fixadas durante o periodo de submersão permanecem pela maior parte sem ser oxydadas até que começa o periodo de arejamento.

Pelo que fica dito quer-me parecer que, a querer-se fundar a divisão dos leitos no seu modo de funcionamento, em vez de fallar de leitos de funcionamento intermittente e leitos de funcionamento contínuo, seria mais justo fallar de *leitos funcionando por acções (de fixação e oxydação) alternantes* e *leitos funcionando por acções (de fixação e oxydação) simultaneas*.

Tem-se tambem referido estas designações de «intermittente» e «contínuo» ao modo porque se faz o affluxo da agua de esgoto aos leitos.

*Leitos intermittentes* seriam então ainda os submersiveis, porque só intermittentemente é lançada n'elles a agua de esgoto; os leitos não submersiveis; aos quaes a agua de esgoto afflue mais constantemente, teriam por isso o nome de *leitos continuos*.

Ora esta designação é impropria. Com effeito veremos que nos leitos não submersiveis nem sempre toda a superficie recebe continuamente o liquido; este, se bem que affluindo continuamente, em geral, é dirigido apenas para uma limitada área em cada momento; outras vezes ha mesmo verdadeiras intermittencias no lançamento do liquido ao leito, e em dadas occasiões pôde não estar nenhum ponto da sua superficie recebendo agua de esgoto (comtudo é de notar que a alternação das phases de lançamento e não lançamento é muito mais frequente e rapida e a duração dos respectivos periodos muito mais reduzida do que no caso dos leitos submersiveis).

É verdade que em logar de se referir a continuidade ou intermittencia ao affluxo ao leito, como é costume, pôde fazer-se a referencia ao effluxo d'elle. O escoamento do liquido effluente dos leitos insubmersiveis pôde com effeito ser praticamente considerado como contínuo, mesmo quando a affluencia seja intermittente.

Ainda, as designações de «intermittente» e «contínuo» poderiam, com relativa justeza, ser referidas ao arejamento; com effeito nos leitos submersiveis o arejamento só se faz intermit-

tentemente, nos periodos de vasio, ao passo que nos leitos não submersiveis pôde ser praticamente olhado como continuo (ainda que nos casos de affluencia por descargas intermittentes de quantidades de liquido relativamente grandes estas, ao passarem atravez do leito, possam occupar momentaneamente, mas de um modo completo, os espaços existentes entre o material, sem deixarem espaço livre para ar que as acompanhe).

Em todo o caso — afiguram-se-me mais rigorosos os caracteres de submersibilidade e de não submersibilidade do que os de contimidade e de intermittencia, que, de resto, decorrem já d'aquelles, secundariamente. Mas na sequencia, feitas que ficam as reservas acima, servir-me-ei indifferentemente de qualquer dos modos de designação.

1) *Os leitos submersiveis (de funcionamento por acções alternantes, de effluxo intermitente, ou de arejamento intermitente)* podem ser de duas especies, differindo uma da outra no periodo de submersão ou plenitude. Os leitos submersiveis de uma das especies, a primeira em data, mas hoje quasi por completo abandonada, soffrem durante todo o periodo da submersão o affluxo continuo do liquido residual, deixando escoar para o exterior uma porção correspondente á que, a cada momento, afflue depois do leito completamente cheio; quando termina o tempo que o periodo de plenitude deve durar, o affluxo cessa e o leito é esvasiado completamente. Nos leitos submersiveis da outra especie, a sahida do liquido é completamente vedada enquanto dura o periodo de submersão, mas, em compensação, e como natural consequencia, todo o affluxo cessa logo que o leito está cheio; assim que termina o periodo de plenitude, faculta-se a sahida ao liquido tratado.

Os leitos submersiveis d'este ultimo systema são hoje os unicos adoptados. Por isso que, n'elles, uma dada porção de

agua permanece, toda ella retida e sem ser substituida durante todo o periodo de submersão, em *contacto* com os materiaes, deu-se a estes leitos submersiveis o nome de *leitos de contacto* ou *do holding up system* ingles.

Os leitos da primeira especie são por vezes designados sob o nome de *filtros bacterianos intermitentes* (dando-se então aos leitos não submersiveis o nome de *filtros bacterianos continuos*); poderiam tambem ser chamados *leitos submersiveis de carga corrente*, por isso que uma dada porção de liquido está sendo a cada momento substituida por outra, sabindo para o exterior; considerados sob este aspecto, estes leitos podem ser reputados como pertencendo ao *streaming system* ingles; mas, por outro lado, podem até certo ponto ser considerados como pertencendo ao *holding up system* visto que cada porção de liquido se demora no leito o tempo sufficiente para que este se mantenha cheio. Seja como fôr, na pratica, este motivo de confusão desaparece, porque, como já dissemos acima, dos *leitos submersiveis* só são hoje utilizados os que chamamos de *contacto*.

Por isso emprega-se quasi sempre a expressão de *leitos de contacto* ou *leitos do holding up system* como synonymo das expressões de *leitos submersiveis*, *leitos de funcionamento por acções alternantes*, *leitos de effluxo intermitente* ou *leitos de arejamento intermitente*, sem que haja necessidade de fazer preceder aquella designação por qualquer d'estas ultimas.

2) Os *leitos* ou *filtros não submersiveis* pertencem sem contestação ao *streaming system*, visto que o liquido não se accumula n'elles e se dirige directamente da superficie para a profundidade e d'esta para o exterior; praticamente, mesmo, em resultado de se não usarem os leitos submersiveis de carga corrente, são os leitos não submersiveis os unicos do *streaming system*.

Nos leitos não submersiveis ha um grupo especialmente caracterisado por disposições appropriadas, mais ou menos complicadas, destinadas a produzirem artificialmente um arejamento intensivo ou uma temperatura favoravel aos germens; ao con-

trario, nos leitos não submersíveis de outro grupo o arejamento é realizado naturalmente e a temperatura é a ordinaria.

Os leitos que compõem o primeiro grupo são os de Lowcock, WARINGS, DUCAT, WHITAKER e BRYANT, etc. Os do segundo são os mais vulgarmente conhecidos, quasi os unicos usados de entre os leitos não submersíveis.

\*

Em harmonia com o que fica dito estudaremos os leitos bacterianos de oxydação seguindo a ordem indicada na seguinte classificação:

Leitos bacterianos de oxydação	}	<p><i>submersíveis</i> (de funcionamento por acções alternantes, de effluxo intermitente ou de arejamento intermitente).</p>	<p><i>de carga corrente</i> (ou filtros bacterianos intermitentes), pouco usados.</p>
		<p>(ou filtros bacterianos) <i>não submersíveis</i> (de funcionamento por acções simultaneas, de effluxo contínuo, ou de arejamento contínuo); (praticamente, os unicos do <i>streaming system</i>).</p>	<p><i>de contacto</i> (praticamente os unicos do <i>holding up system</i> e dos <i>submersíveis</i>).</p>

<p><i>com arejamento ou com arejamento e aquecimento artificiaes, de</i></p>	<p>LOWCOCK WARINGS DUCAT WHYTAKER e BRYANT</p>
<p><i>com arejamento e temperatura naturaes</i> (os mais usados dos não submersíveis).</p>	

## A) Leitos submersíveis

### 1) Historia e descripção dos leitos bacterianos

#### a) Leitos submersíveis de carga corrente ou filtros bacterianos intermitentes, e sua origem na filtração intermitente pelo solo

Em presença da difficuldade da pratica da irrigação cultural e da inconstancia dos seus bons resultados, difficuldade e inconstancia que já em 1882, pela *Royal Commission*, eram apontadas ao mesmo tempo que a insufficiencia dos processos physicos e chimicos da depuração, vimos como a filtração intensiva pelo solo nú foi tentada com maior ou menor resultado, depois que se verificou que a cultura é, na pratica, antes um elemento de perturbação do que de verdadeira utilidade.

As suas experiencias e observações em 1887 em Lawrence (Mass.) convenceram HIRAM MILLS de que a depuração das aguas de esgoto pelo solo consiste mais n'uma oxydação do que n'uma simples filtração com retenção mecanica, e que essa oxydação, em terreno favoravel de boa permeabilidade, pôde realizar-se mesmo até em pontos situados muito abaixo da superficie, desde que periodos de arejamento sigam os da passagem do liquido residual. E o mesmo autor affirmava ainda que a areia convinha não só tão bem, mas mesmo melhor do que o humus e que até escorias e outros materiaes poderiam ser vantajosamente utilizados para a depuração, se bem que ficando inferiores á areia.

Estabelecido que os elementos do material filtrante actuam principalmente como supportes microbianos e tendo-se em vista os varios inconvenientes da depuração pelo solo, procurou-se pouco a pouco regularisar a acção microbiana, facilitando a depuração de maiores quantidades de liquido, e proteger ao mesmo tempo as aguas do sub-solo contra a infecção. Para isso, começaram-se a construir grandes bacias bem drenadas,

de fundo e paredes impermeabilizadas, que depois de cheias de areia convenientemente escolhida eram utilizadas para a filtração intensiva. Assim, portanto, se ainda se usavam elementos naturais do solo, já a disposição que se lhes dava era artificial.

A construção de leitos filtrantes artificiaes de areia nas regiões americanas ricas em terrenos arenosos era apenas de conveniencia, permitindo dispôr de um material filtrante de uma altura determinada, de elementos de certas dimensões e de uma homogeneidade mais perfeita do que a encontrada naturalmente no solo, e garantindo a protecção do sub-solo; mas este modo de proceder tornava-se uma necessidade em paizes que, como a Inglaterra, não possuem terrenos arenosos appropriados de extensão conveniente.

Em novembro de 1887, o *Massachussets State Board of Health* começava a procurar quaes as condições a realizar para a obtenção dos melhores resultados. De 4.000 analyses feitas até 1890 concluia-se que o melhor effluente era o obtido pela drenagem de um filtro de areia de 1<sup>m</sup>,2 a 1<sup>m</sup>,5 de altura no qual a agua de esgoto era lançada sómente durante 6 horas das 24. Comtudo affirmava-se tambem, nos dois primeiros relatorios que o essencial para que a destruição da substancia organica se dê é o dispôr de materiaes nos quaes os organismos possam ser retidos e desenvolver-se, e que deixem entre si espaços onde o ar possa circular nos periodos de não affluencia de liquido.

Sujeitando-se aos preceitos estabelecidos, em Worcester (Massachussets) foram construidos 16 leitos filtrantes de areia grossa, excluindo-se a areia fina e a argilla; cada leito, com uma superficie 0<sup>h</sup>,4047, separado dos visinhos por fossos cheios de argilla, era drenado a 1<sup>m</sup>,8 de profundidade por meio de series de tubos mal unidos de 0<sup>m</sup>,254 de diametro, collocadas a 15<sup>m</sup> umas das outras. N'estes leitos conseguia-se a depuração diaria de 4:122<sup>m</sup>3 por hectare (454<sup>m</sup>3,35 por cada leito), sufficiente para obter um liquido imputrescivel. Reduzindo a quantidade de liquido tratado diariamente por hectare a 224<sup>m</sup>3,4-336<sup>m</sup>3,6 (90<sup>m</sup>3,87-136<sup>m</sup>3,305 por cada leito) a depuração do

liquido obtido tornava-se excepcionalmente lisongeira. Mas os filtros, em virtude da accumulção, á sua superficie, de certas materias que o liquido traz suspensas — restos de lã, papel e outras variedades de cellulose, etc. — sobre as quaes as bacterias actuam difficilmente, tornavam-se rapidamente impermeaveis ao ar, e no seu seio realisavam-se então acções de putrefacção mais ou menos intensas.

De 11 installações de filtração intermittente por leitos de areia existentes em 1903 no estado de Ohio, a melhor seria, segundo R. W. PLATT, a de Mausfield Reformatory que depurava diariamente  $318^{m^3},045$  (correspondendo apenas a 700 pessoas) de agua de esgoto bruta, n'uma área total de  $0^{hect.},4452$  dividida por 7 leitos de pedra arenosa esmagada. Os resultados comtudo eram bastante maus no inverno, por virtude da formação de gelo que difficultava a filtração, mesmo quando a superficie era cortada em regueiras e cristas. E verificou-se que em quasi toda a grande região de Ohio o simples tratamento pela filtração por areia não basta e se torna mister usar dos processos preliminares preparatorios.

Em certas regiões americanas ha grande extensão de solos arenosos que podem economicamente fornecer material para os filtros de areia; mas já em outros pontos, mesmo na America, a areia escasseia e a despeza de construcção dos filtros torna-se mais importante. No Middle West os filtros custariam por hectare de superficie e  $0^{m},30$  de fundo  $4.446\$,000-5.557\$,500$  réis. Das experiencias de 10 annos feitas em Massachussets conhece-se que a despeza que occasionam é de 400 réis, por habitante, divididos por igual entre os encargos do capital a 5 % e as despezas de conservação.

Ha finalmente, como dissemos já, paizes, como a Inglaterra, em que os terrenos arenosos não abundam. Sendo fóra da America a agua de esgoto em geral mais concentrada, a superficie de leitos filtrantes a utilizar tem de ser maior para um dado volume de liquido; mas mesmo quando se consiga attingir o maximo que em Massachussets se attinge —  $1.122^{m^3}$  por hectare dia — será muito difficil construir filtros de areia

sufficientes, no caso de grandes cidades em cujas proximidades a areia escasseia.

Por isso tratou-se em Inglaterra de investigar se, variando a natureza do material, não se conseguiria obter também bons efeitos ou mesmo ainda melhores, trazendo não só a vantagem da substituição da areia por outra substância mais abundante no paiz, mas também talvez até a diminuição da superfície occupada pelos filtros, de modo a dar a estes uma extensão praticamente acceptavel na visinhança de cidades populosas em paizes mais densamente povoados e possuindo menos espaços disponiveis do que a America.

E o esclarecer este facto era para a Inglaterra uma questão importante e urgente. Precisamente por esse tempo, luctava-se com grandes difficuldades para encontrar o modo pratico de dispôr das aguas residuaes de Londres. A precipitação pelo sulfato ferroso e pela cal (nas doses de, respectivamente, 0<sup>gr.</sup>,014 e 0<sup>gr.</sup>,057 por litro) com o transporte das lamas para o mar dava um liquido que não só continha ainda 0<sup>gr.</sup>,010 de materias suspensas por litro, mas era mal cheiroso e tão nocivo que os *Royal Commissioners* de 1884 declaravam que elle necessitava de maior depuração pelo lançamento ao solo.

Mas já em 1866, em Barking, a *Metropolis Sewage Company* fizera uma tentativa de depuração do effluxo da parte norte de Londres (2.298<sup>m3</sup> cada 9 ou 10 horas) pela irrigação em 2 ou 2 1/2 hectares de solo cultivado de herva. O resultado fôra tão mau sob o ponto de vista agricultural, como sob o ponto de vista hygienico, da pureza do effluente. De resto era facil de vêr que não seria possivel praticamente encontrar terrenos appropriados em extensão sufficiente para tratar os 908.700<sup>m3</sup> diarios da immensa cidade. Voltou-se por isso ao emprego de agentes chimicos em mais alta dose; mas, á parte o augmento de despeza, nenhum resultado novo digno de menção se obteve.

Foi então, em 1891, em Barking, que, já conhecidos os resultados das experiencias de Massachussets, sob a impulsão do *Main Drainage Committee of the County Council*, se procu-

rou, seguindo a orientação geral dos trabalhos americanos, estabelecer quaes os materiaes capazes de competirem com a areia na construcção de filtros bacterianos, e de darem com uma dada superficie a maior redução possível na impureza das aguas residuaes.

DIBDIN, estudando tão importante assumpto, comparou os efeitos obtidos com o emprego de pequenos filtros de areia, de areia grossa, de coke miudo e de argilla cosida e partida. A agua de esgoto affluia a estes filtros durante 8 horas, passando atravez d'elles e sabindo para o exterior, mas de modo a mantel-os sempre cheios; ao fim d'esse tempo acabava o affluxo, os filtros eram esgotados e assim ficavam durante 16 horas. Por esta fórma, lançava-se nas 24 horas aos filtros uma quantidade de liquido correspondente a  $4.611^{m^3}$  por hectare.

DIBDIN verificava que se a clarificação era realmente maior com a areia e com a areia grossa do que com o coke (2,25 para 1) ou com a argilla cosida e partida, esta e principalmente o coke eram muito efficazes, sob o ponto de vista da baixa na materia organica dissolvida, apreciada pelo oxygeneo consumido. Além d'isso, os filtros de areia, de elementos de menores dimensões, davam, em virtude da falta de um bom arejamento, um effluente que rapidamente tendia a tornar-se putrido, e necessitavam muito mais frequentemente a renovação do material e raspagens superficiaes para lhes restaurar a capacidade ou a permeabilidade perdidas. Em conformidade com estes resultados, foi construido um filtro de  $0^{hect.},4047$  com uma altura de  $0^m,914$  de coke miudo sob  $0^m,076$  de areia grossa, no qual se chegou a tratar  $4.543^{m^3},5$  diarios ( $11.220^{m^3}$  por hectare-dia) de agua de esgoto de Barking, previamente sujeitada á acção do sulfato ferroso e da cal, obtendo-se assim uma redução na materia organica que chegou a ser de 83 %. Verificou-se porém que o affluxo continuo do liquido ao leito, atravessando-o e dando um escoamento correspondente durante toda a duração do periodo de submersão, depressa impermeabilisava a superficie, como acontecia nos filtros de Massachusetts. Por isso se procurou outro modo de funcionamento, de que agora nos vamos occupar.

b) Leitos de contacto e sua origem nos filtros bacterianos  
intermittentes

α) Processo de DIBDIN

Depois de varias experiencias sobre o modo de fazer o enchimento, a duração do periodo de submersão e o modo de esvaziamento do leito de Barking a que acabo de me referir, assentou-se em que o processo que melhor resultado dava consistia em fazer o enchimento em duas horas, deixar o liquido no interior do leito durante uma hora, e só depois d'este tempo permittir o escoamento, que levasse á evacuação mantida durante 5 horas; ao fim d'esse tempo de arejamento, recommençar um novo cyclo de 8 horas e depois ainda outro, nas 24 horas, e assim nos dias seguintes, apenas com uma interrupção semanal de 32 horas no funcionamento (das 10 horas da noute de sabbado até ás 6 horas da manhã de segunda feira (1).

D'esta fôrma, se transformou um filtro intermittente no primeiro leito de contacto. O *streaming system* era substituido pelo *holding up system* nos leitos submersiveis. Este leito de Barking funciona ainda e, como com elle começou a ser applicado praticamente o tratamento pelos leitos de contacto, unicos dos submersiveis hoje usados, a DIBDIN e ás suas experiencias, e não mais longe, se faz em geral remontar a origem do processo.

Em 1894, em Sutton (Surrey), DIBDIN dirigia experiencias orientadas nas de Barking, feitas com leitos construidos de varios materiaes. E, em 1895, o effluente das bacias de precipitação chimica, onde se tratavam diariamente 2.271<sup>m</sup>3,750 de agua de esgoto por sulfato ferroso (0<sup>gr</sup>,028 por litro) e cal

(1) Interrupções, como esta, no funcionamento são inconvenientes, porque exigem tanques de accumulção da agua de esgoto que durante esse tempo afflue á installação e que ulteriormente deve soffrer tratamento.

(0<sup>gr</sup>,128 por litro), effluente até então lançado ao solo com resultados pouco satisfactorios, começava a ser dirigido sobre dois leitos bacterianos construidos segundo as indicações de DIBDIN. Em novembro de 1896, em resultado da grande quantidade de lamas produzidas, a precipitação chimica era substituida por rédes sem fim e disposições mecanicas destinadas a retirarem do liquido as materias mais volumosas; em 1898 o tratamento preliminar não biologico era o de simples passagem por fossas de sedimentação (1).

A este tempo, o effluente das fossas de sedimentação passava a «*bacteria-tanks*», que não eram outra cousa que as antigas fossas de precipitação cheias de fragmentos de argilla cosida, n'uma altura de pouco mais de um metro (1<sup>m</sup>,066), e drenadas no fundo por um dreño central de 0<sup>m</sup>,152 de diametro, munido de valvula de sahida e a que affluíam drenos lateraes de 0<sup>m</sup>,127 de diametro, parallellos e afastados de 1<sup>m</sup>,828 uns dos outros. Estas «fossas bacterianas» eram analogas aos filtros grosseiros de la muito já usados com o fim de retirar do liquido as materias solidas; apenas differiam d'estes na intenção com que eram usados, visto que com elles se visava tambem a realização das acções bacterianas. O liquido era lançado n'estas «fossas bacterianas» tres vezes por dia, enchendo-as até 0<sup>m</sup>,152 acima da superficie dos materiaes, e evacuado depois de um contacto de 2 horas, abrindo-se a valvula do dreño principal. O effluente obtido, se bem que muito melhorado, era ainda apto a soffrer putrefacção; por isso o liquido era dirigido para outros leitos bacterianos, estes cheios de coke miudo, d'onde sahia descórado e praticamente destituido de qualidades nocivas. De 6 em 6 semanas, os leitos eram deixados uma semana em repouso.

Assente nas bases estabelecidas por DIBDIN em Barking e Sutton, Oswestry e Leeds praticavam já em 1898 a depuração biologica artificial, que depois se generalizou a um grande numero de cidades.

Foi em Manchester que se deu o nome de *processo de duplo*

---

(1) Que mais tarde haviam de ser transformadas em fossas septicas.

*contacto* á passagem successiva do liquido por dois leitos, como em Sutton fôra iniciado; em Manchester, ainda, em resultado de um inquerito feito em 1899, tendo-se verificado que a passagem por dois leitos não era sufficiente, usou-se pela primeira vez um *terceiro contacto*, pelo emprego de um terceiro leito.

Em Lincoln e outras cidades inglesas applicou-se desde então o *processo de triplo contacto*; mas mais geralmente dois contactos são julgados sufficientes.

### β) Processo de CAMERON

Um dos maiores inconvenientes que, desde logo, se apontou ao processo de DIBDIN foi a facil e rapida perda da capacidade e a inutilização dos leitos pelas materias suspensas do liquido affluente, quando este não fosse d'ellas libertado por processos physicos ou chimicos, sempre dispendiosos e productores de quantidades de lamas difficeis de fazer desaparecer.

Ora, já desde 1895, em Exeter, CAMERON estabelecia o sistema chamado do «*septic-tank*», no qual o liquido só depois de reduzida sensivelmente a sua riqueza em materias solidas, por passagem em certas condições em fossas especiaes — fossas septicas já descriptas (pag. 55 e seguintes) — era lançado sobre quatro leitos, dos quaes se regulavam automatica e alternadamente as phases de funcionamento, de modo tal que, quando um leito se enchia, esvaziava-se outro, o terceiro mantinha-se vazio e o quarto cheio de liquido.

O tratamento, primeiro applicado apenas ás aguas residuaes de um bairro — S.<sup>1</sup> Leonards —, era em 1897 applicado para a depuração do effluxo total (4.837<sup>m3</sup> diarios em tempo secco) da cidade (46.000 habitantes), utilizando 6 fossas septicas de uma capacidade total de 7.430<sup>m3</sup> e 8 leitos trabalhando automatica e alternadamente; estes leitos, formados por uma altura de 1<sup>m</sup>,066 de escorias esmagadas e uma camada de 0<sup>m</sup>,152 de areia grossa, occupavam uma superficie total de

4<sup>hect.</sup>,0117 e tinham uma capacidade total sufficiente para tratar 11.358<sup>m<sup>3</sup></sup>,75 diarios.

O processo de CAMERON distingue-se, pois, do processo de DIBDIN em estabelecer um tratamento preliminar biologico que substitue os tratamentos preliminares physicos ou chimicos nos casos em que estes existiam.

Os processos de acções anaerobias e os de acções aerobias, durante algum tempo olhados como antagonicos, foram depois geralmente olhados como podendo associar-se utilmente, tornando menos frequente a impermeabilização das camadas superficiaes dos leitos bacterianos. Assim nas proprias installações de Sutton a fossa septica acabou por substituir a simples sedimentação, que por sua vez, como dissemos,ahi succedera já á precipitação chimica.

A maior parte das installações ultimamente feitas, não só em Inglaterra onde são muito numerosas, como na Allemanha e em França, utilizam tambem as fossas septicas segundo os preceitos estabelecidos em Exeter.

Deve mesmo dizer-se que, infelizmente, se tem exaggerado o emprego das fossas septicas, utilizando-as como meio de tratamento preliminar em casos em que antes se deveria recorrer á precipitação chimica ou mesmo á simples sedimentação para obter a baixa nas materias suspensas. A questão das indicações respectivas dos processos de tratamento preliminar já foi atraz debatida (pag. 165); escuso aqui de me occupar d'ella novamente.

\*

\* \*

D'um modo geral, vemos pois que o processo chamado dos *leitos de contacto* (fig. 27) (unicos leitos de entre os submersiveis que continuarão a occupar-nos) consiste em manter durante certo tempo (2 horas geralmente) um solo artificial (*L*) submerso pela agua de esgoto, que póde previamente ter sido

libertada da maior parte das suas materias suspensas, por sedimentação, precipitação chimica ou passagem por fossa septica (*F*). Ao fim d'este tempo de contacto, o liquido effluente do leito exigirá, quasi sempre, maior depuração, que se realizará n'um segundo leito (*L*) e que pôde ainda ser completada n'um terceiro leito, identico aos primeiros. Cada leito depois de esvaziado fica sujeito ao arejamento natural por um tempo maior ou menor (4 horas pelo menos).

Vamos agora estudar quaes as melhores condições a realizar para obter leitos susceptiveis de dar os melhores resultados e apontar quaes estes podem ser.

2) Estudo dos materiaes de enchimento dos leitos

a) Natureza physica e chimica dos materiaes appropriados

Para a depuração das aguas de esgoto pela utilização de supportes microbianos artificiaes, semelhante ao que acontece com o solo natural, a natureza physico-chimica dos elementos materiaes com que o liquido residual entra em contacto tem uma grande importancia, influindo no arejamento, permeabilidade e poder de fixação do leito para

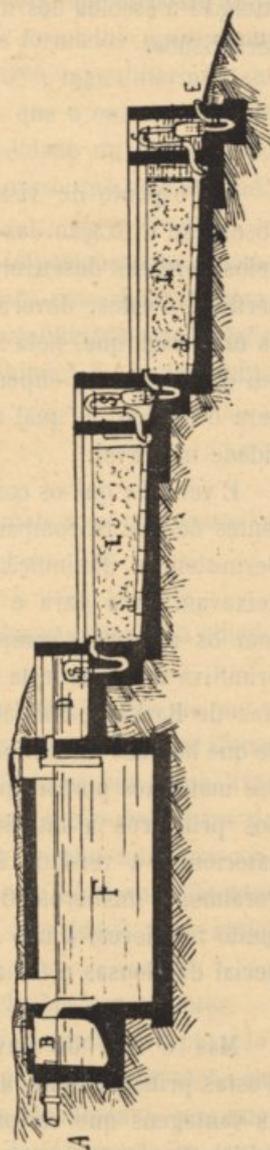


Fig. 27 — Leitos de duplo contacto precedidos por fossa septica.

as substancias organicas que os germens oxydantes ulteriormente devem destruir. É portanto natural que se dê a maior attenção á escolha dos materiaes que hão de constituir os leitos bacterianos.

Sob o ponto de vista das propriedades physicas, sendo a absorpção e fixação das substancias e a sua oxydação ulterior pelos germens desenvolvidos nos supportes funcções das superficies d'estes, deverão ser preferidos, de um modo geral, os materiaes que, pela sua porosidade maior, apresentem, sob um dado volume, superficies mais consideraveis de contacto para o liquido, ao qual deixem livre tambem uma maior capacidade utilizavel.

É verdade que os corpos porosos são em geral menos resistentes do que os compactos e, pelo facto da sua desintegração, permitem a diminuição da capacidade que primitivamente deixavam livre para o liquido, ao contrario do que acontece com os materiaes compactos, que dão uma capacidade livre primitiva mais modesta mas mais constante. Mas as experiencias de Barking, Massachussets e Berlim levam á conclusão de que ha mais inconvenientes do que vantagens na substituição dos materiaes porosos pelos compactos. Seja ou não certo que nos primeiros a nitrificação apenas se realiza nas camadas exteriores, a verdade é que os effluentes que produzem são geralmente melhores. Os materiaes compactos dão resultados muito inferiores, a não ser, como veremos, no caso muito especial das lousas e telhas preconizadas por DIBDIN.

Mas é fóra de duvida que as propriedades physicas, e d'estas principalmente a porosidade, não bastam para justificar as vantagens que certos materiaes apresentam sobre outros. Assim, DUNBAR, comparando as escorias com a pedra pomes, corpo muito poroso como é sabido, verifica que ao fim de alguns dias o poder depurador das primeiras é muito mais

notavel de que o d'esta ultima substancia. É que, além da porosidade, é preciso attender á composição chimica, á riqueza das escorias em ferro. DUNBAR põe em relevo a influencia do ferro comparando os effluentes de dois leitos formados egualmente de elementos de areia grossa de 5 a 10<sup>mm</sup>, mas differindo em que um contém  $\frac{1}{100}$  de ferro ao passo que o outro é privado d'este metal. A diminuição da oxydabilidade do effluente do primeiro leito attinge 57,9 a 73,1 % ao passo que a do segundo não vai além de 55 a 65,3 %.

Este exemplo serve para mostrar a importancia que a composição chimica dos materiaes pôde ter; mas digamos contudo que, na pratica, em resultado da insolubilidade e densidade das substancias usadas, a influencia chimica é sempre muito secundaria.

Teem sido muito numerosos os materiaes propostos e usados:

O *coke* parece ser o que mais geralmente tem sido olhado como superior.

Já nas experiencias de Barking, em 1891, DIBDIN via que a redução na quantidade de materia organica, que com os filtros de pedaços de argilla cosida e com os de areia era respectivamente de 43,3 e de 46,6 %, subia com o uso dos filtros de *coke* a 62,2 %. Em 1894, em Sutton, o mesmo autor via confirmada a superioridade do *coke*, que não só dava effluentes melhores, mas deixava ao liquido uma capacidade livre muito maior do que a areia.

CALMETTE e DUNBAR chegam a conclusões semelhantes.

Por isso o *coke* continúa gosando da melhor reputação, tanto mais que se tem verificado a sua perfeita conservação em leitos ao fim de 9 annos, e mais, de funcionamento, sem que, ao contrario do que se temia, a sua desintegração se tenha dado.

Mas o preço do *coke*, relativamente elevado (o filtro de Bar-

king, de 0<sup>hect.</sup>4047, custou 9.000\$000 réis), impede que este material seja tão geralmente usado nas grandes installações como seria para desejar, attendendo ás suas qualidades vantajosas. Nas pequenas installações, porém, o coke deve ser sempre o material preferido.

O *carvão vegetal* era usado em 1897 em Wolverhampton, Lichfield, e outros logares. Segundo BOSTOCK HILL, o effluente obtido seria especialmente caracterizado pela grande reduçção na quantidade do carbono organico, relativamente á do azote. Segundo DUNBAR, a capacidade utilizavel para o liquido é ainda bastante maior do que a que o coke deixa.

O *carvão animal*, usado quasi exclusivamente em experiencias de laboratorio, parece dar uma depuração razoavel.

A *cinza* foi estudada no *Massachussets Report* de 1898-1899, comparadamente com a areia; dá um effluente melhor do que esta sob o ponto de vista chimico, mas inferior sob o ponto de vista bacteriologico.

As *escorias dos altos fornos*, as *escorias das forjas* e mesmo (em Inglaterra) as *escorias dos «destructors» de lixo*, pela sua resistencia, pela sua efficacia na depuração e pelo seu preço relativamente baixo, teem sido muito preconizadas. São usadas em muitas cidades inglesas com resultados lisongeiros. Em França, CALMETTE usa-as na installação experimental de Madeleine e recommenda-as para as installações de certas proporções, para as quaes os leitos de coke sahiriam dispendiosos em excesso.

A *Royal Commission*, concordando em que, na realidade, o coke dá effluentes ligeiramente melhores do que as escorias, prefere comtudo estas porque, além de serem mais baratas, são menos leves do que o coke, deslocam-se mais difficilmente quando do enchimento e do esvaziamento dos leitos, e são assim menos expostas á desintegração.

Segundo DUNBAR, a capacidade livre nos leitos de escorias e nos leitos de coke é praticamente a mesma depois de uns 50 enchimentos. Mas verifica-se que a capacidade que as escorias deixam para a agua é muito variavel segundo a proveniencia d'ellas; a quantidade de agua correspondente a 1 kilo de escorias varia de 45 a 215 gr. Devem preferir-se as escorias que reteem melhor o liquido e mais duras. Escorias assim podem manter-se 8 annos, e mais tempo, sem soffrer uma desintegração sensivel.

A *areia ferrea carbonada*, que, juntamente com cinza, pó de coke, escorias, fragmentos de tijolo, se encontra nos grandes montões residuaes junto ás minas e officinas de carvão e ferro, foi recommendada como efficaç e economica por WAKE, HOLLIS e DARLINGTON. As analyses de STOCK mostram que a composição d'este material é a seguinte: 6,75 de agua, 30,41 de FeO, 40,33 de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 7,53 de carvão, 16,70 de areia grossa. Esperou-se que a riqueza em oxydos de ferro e vestigios de manguez podesse favorecer consideravelmente a oxydação da materia organica (pag. 195); mas a verdade é que com a areia ferrea carbonada, como com materias especialmente preparadas e registradas (*polarite*, etc.), as acções chimicas são sempre accessorias. Isto não impede que a areia ferrea carbonada seja um magnifico suporte microbiano, com o qual, segundo DIBDIN e THUDICUM, a intensidade de nitrificação se mostra por vezes superior á que se obtem com o coke.

A *argilla cosida e fragmentada* é muito usada em Inglaterra, sob o nome de «*burnt ballast*». N'este país, em que, como já foi dito, a areia não abunda, a argilla parcialmente cosida suppre-a até certo ponto em algumas construcções.

Para obter «*burnt ballast*», dispõem-se, em camadas sobrepostas e alternadamente, argilla e carvão miudo ou quaesquer residuos combustiveis; depois pega-se o fogo em varios pontos e deixa-se o todo arder lentamente até que a argilla atinja a côr vermelha do tijolo usual.

É preciso que a combustão se faça regularmente e sufficientemente, para que os materiaes obtidos não venham, mais tarde, quando molhados, a amolecer e a desintegrar-se facilmente. Com effeito este material está longe de ter a duração que tem a argilla quando sob a fôrma de tijolo totalmente queimado.

DIBBIN empregára, já em 1891, *burnt ballast* como material de leitos bacterianos, nas suas experiencias em Barking.

Em 1894, em Sutton, a argilla retirada d'uma cova feita no solo com uma profundidade de 0<sup>m</sup>,914 era queimada pela fôrma indicada acima e de novo lançada na cavidade, de modo a constituir assim o leito.

Em resultado das despesas pouco consideraveis que occorreria, foi este material empregado em muitas outras installações, geralmente na construcção dos leitos de primeiro contacto, mais grosseiros, ao passo que para o segundo se reservava coke fino.

Na America o uso da argilla assim preparada é quasi desconhecido. RUDOLPH HERRING, em 1900, reputava-a um mau material, facil de desfazer-se e de occasionar, assim, perda de capacidade utilizavel do leito. A opinião de HERRING foi praticamente confirmada. Com effeito, se é verdade que o exame de um leito construido em Harrow com fragmentos de argilla cosida apresentava depois de 2 1/2 annos de funcionamento os seus elementos tão vermelhos e consistentes como primitivamente eram, demonstrando assim a possibilidade de grande duração quando o material tenha sido bem preparado, é verdade tambem que o mau funcionamento e a rapida perda de capacidade dos leitos de Sutton, Barking e outros pontos mostrou que uma boa preparação raras vezes é conseguida na pratica.

Os *tijolos partidos*, apresentando a argilla sob uma fôrma muito mais resistente, começaram a ser substituidos ao material precedente nos leitos de primeiro contacto de Belfast e de muitas outras installações inglesas. CALMETTE preconiza-os na falta de coke e de escorias.

Na falta de coke, de escorias e de pedaços de tijolo, CALMETTE aconselha recorrer a *pedras porosas* taes como a *pozzolana* ou mesmo a *pedras calcarias* e a *lava*.

Mas este autor e outros recommendam que se não utilizem os *seixos*, *silex*, *pedras compactas* ou *cascalho*.

A *areia*, a que já por mais d'uma vez me referi, é a rejeitar pela difficuldade que ha em fazer o seu arejamento. Além d'isso, a capacidade livre para o liquido é muito pequena, sem que a purificação do liquido compense esse inconveniente. THUDICUM e DIBDIN affirmam que nos leitos de areia a capacidade deixada livre para o liquido é de 10 %, ao passo que em leitos construidos com carvão animal, «*burnt ballast*», coke ou areia ferrea carbonada, de elementos escolhidos por passagem por redes de malhas de 3<sup>mm</sup> a 0<sup>mm</sup>,8, as percentagens de capacidade deixada para o liquido seriam, respectivamente, de 25,2, 33,3, 38,7 e 28,2.

O *vidro* moído, em experiencias de laboratorio, deu a THUDICUM resultados relativamente lisongeiros.

*Cácos quebrados* de fornos das olarias foram por HANLEY, em 1903, usados com successo.

*Pedaços velhos de ferro e de estanho* teem sido usados com mais ou menos resultados.

A *lousa*, que de ha bastante tempo no Norte da Inglaterra era usada em fragmentos, foi recentemente, em 1904, utilizada por DIBDIN, em placas de 30 a 90 centimetros quadrados e de 0<sup>m</sup>,08 de espessura, collocadas umas sobre as outras em camadas successivas separadas por supportes, deixando entre si espaços vastos de 0<sup>m</sup>,05 a 0<sup>m</sup>,40 de altura por onde o liquido se espalha (*fig.* 28). Com semelhantes materiaes ou com *telhas*

rectangulares (fig. 29), que DIBBIN tambem preconiza, obteem-se leitos de capacidade util muito maior do que a dos construi-

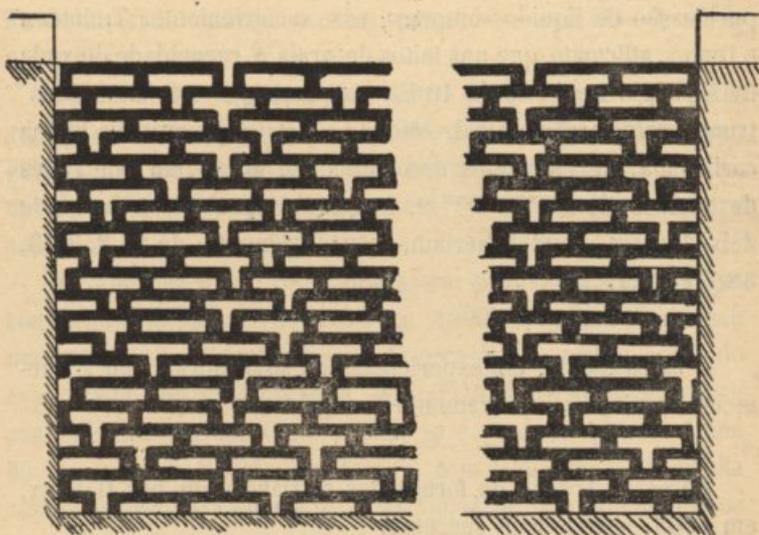
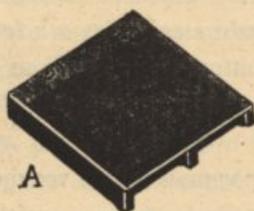


Fig. 28 — Leito de ardosias de DIBBIN e ardósia (A) vista isoladamente

dos com os materiaes vulgarmente usados, proximamente dupla.

A fig. 30 mostra como DIBBIN foi levado a adoptar estas placas. Com effeito é facil de vêr que nos pedaços de coke representados em I o liquido só pôde entrar em contacto com a superficie exterior, a que deixa um revestimento de materias fixadas representado pelos traços obliquos. Todo o espaço occupado pelo centro dos pedaços de coke é um es-

paço perdido e inutil. Se, porém, se empregam materiaes em que esse espaço central é deixado livre para o liquido, como

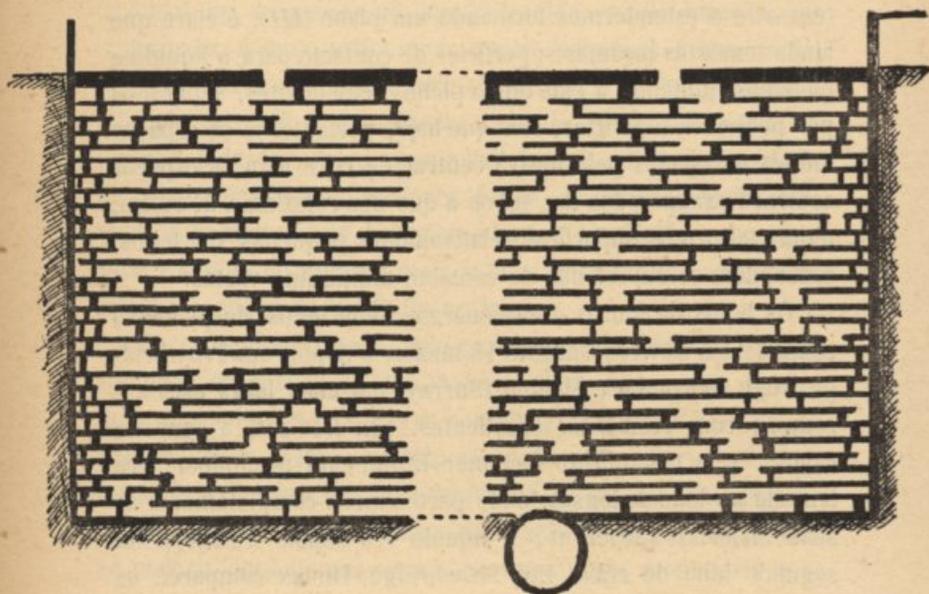


Fig. 29 — Leito de telhas de DIBDIX

no tubo representado em II, é claro que já a superficie de contacto para o liquido se torna maior, de toda a extensão da

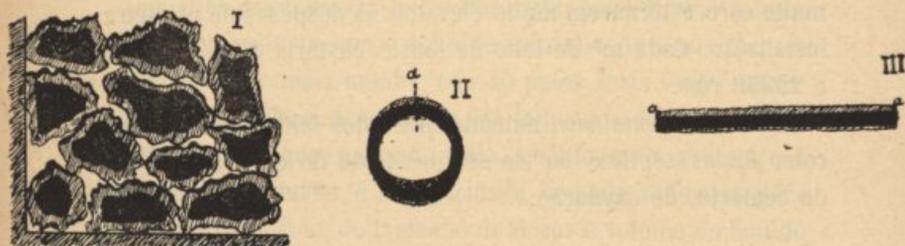


Fig. 30 — Revestimento de materias depositadas em: I) pedaços de coke, II) tubo, III) superficie plana

parede interna do material ôco. A capacidade utilizavel augmenta muito, mas ainda se vê que ha grande espaço perdido

representado pelo interior do tubo, no qual fica contido muito liquido sem tocar as paredes; se, porém, cortarmos o tubo (em *a*) e o estendermos formando um plano (*III*), é claro que ainda temos as mesmas superficies de contacto para o liquido e podemos, juntando a este outro planos semelhantes, separál-os por pequenos supportes, sem que haja, portanto, já os espaços inúteis occupados pela massa central de coke nem os espaços centraes exaggerados dos tubos a que nos referimos. E assim, n'uma altura e superficie relativamente pequenas de leitos, conseguem-se superficies de contacto muitissimo vastas.

Os leitos de lousas funcionáram como leitos de primeiro contacto em Devizes durante 18 mezes, e depois em Trowbridge, High Wiccombe e Malden (Surrey) em mais larga escala e sempre com resultados excellentes. Em Devizes, a agua de esgoto, sem ter soffrido qualquer tratamento preliminar, era lançada ao leito de lousas, onde perdia quasi completamente as suas materias suspensas; o liquido era depois tratado n'um segundo leito de coke. Em Trowbridge, DIBDIN comparou os resultados do tratamento de um effluente de fossa septica em leitos de ardosias, de calcario partido, de pedaços de tijolos e de escorias, encontrando as seguintes percentagens de depuração: ardosia 52, calcario 47, tijolo 35 e escorias 45.

As lousas teem, porém, um inconveniente: é o de custarem muito caro e tornarem muito elevadas as despesas de primeira installação. Cada m<sup>2</sup> de leito de lousas custaria de 1\$400 réis a 2\$350 réis.

A *Royal Commission* entende que estes leitos actuam mais como fossas septicas ou de sedimentação do que como leitos de contacto, de oxydação.

#### b) Dimensões dos materiaes

Não é só a natureza das substancias que formam o enchimento dos leitos o que tem importancia; é necessario attender tambem ás dimensões dos seus elementos.

N'um leito bacteriano, o poder fixador e absorvente do material para as substancias impuras dissolvidas, no estado colloidal ou suspensas no liquido tratado, sendo funcção das superficies, é tanto maior quanto mais pequenas forem as dimensões dos elementos d'esse material. Mas, por outro lado, a efficacia dos leitos de contacto depende em grande parte da possibilidade de um arejamento satisfactorio, durante o periodo de vazio; ora quanto maiores forem as dimensões dos elementos do material de enchimento tanto mais rapida e completa será a sahida do liquido, mais facil a admissão do ar e mais intenso o poder de oxydação no leito.

Se o liquido tratado não contivesse materias no estado colloidal ou suspensas, um material fino, como areia de elementos medios, seria talvez o melhor. Mas com os liquidos habitualmente tratados a superficie de um material tão fino tornar-se-ia depressa impermeabilizada; e, mesmo com frequentes raspagens, revolvimentos e renovação d'esta superficie, não se poderia impedir que uma certa quantidade de materia suspenza penetrasse no corpo do leito, como aconteceu em Hampton e Devizes (*Royal Commission*), unindo os elementos de enchimento entre si, n'um todo compacto; e então o leito tornar-se-ia incapaz de se evacuar e arejar, as putrefacções nasceriam, e os effluentes seriam maus.

Das suas experiencias feitas em Barking em 1898, CLOWES e HOUSTON concluem que o coke do tamanho de nozes é preferivel ao coke mais miudo, não só pelos mais faceis enchimentos, evacuação e arejamento dos leitos que d'ahi resultam, mas tambem porque, segundo elles, quanto mais grosseiro é o material tanto maior é a capacidade deixada utilizavel para o liquido: com o coke de tamanho de nozes o volume do liquido é igual ao do coke quando o leito está no periodo de submersão, ao passo que se o coke tem dimensões mais reduzidas o liquido não vem a occupar mais de que um volume correspondente a 20-30% do volume do coke.

As recentes experiencias (1905) de DUNBAR levam-no tambem a afirmar que, para uma dada substancia filtrante, a capa-

cidade livre deixada para o liquido augmenta com as dimensões dos seus elementos.

Mas as experiencias de DIBDIN e THUDICUM fazem vêr que na realidade as differenças de dimensões não acarretam na capacidade util para o liquido uma variação tão notavel como geralmente se diz; e mostram tambem que, segundo os materiaes usados, as variações podem ser n'um ou n'outro sentido. Empregam varios materiaes de cada um dos quaes escolhem elementos de duas grandezas differentes, formando com elles duas classes de leitos de contacto: uns cujos elementos materiaes passam por rêdes de malhas de  $12^{\text{mm}},7$ , mas não já por rêdes de malhas de  $6^{\text{mm}},35$ ; outros cujos elementos materiaes passam por rêdes de malhas de  $3^{\text{mm}},17$ , mas não já por rêdes de malhas de  $0^{\text{mm}},79$ . Quando o material escolhido n'estas condições é a areia ferrea carbonada, a capacidade util para o liquido é, relativamente á capacidade geometrica, de  $34,6\%$  e de  $28,2\%$ , respectivamente para os leitos da primeira e da segunda classe; com o coque, as relações são  $44,5\%$  e  $38,7\%$ ; com o carvão animal,  $36,6\%$  e  $25,2\%$ . Mas com a argilla cosida e fragmentada nota-se que, ao contrario do que acontece com os outros materiaes, os leitos da primeira classe (de elementos maiores) teem uma capacidade util para o liquido menor de que os da segunda; com effeito os numeros achados são  $28,7\%$  e  $33\%$ , respectivamente.

A verdade é que praticamente, pelo menos dentro de certos limites, pôde afirmar-se que a capacidade disponivel inicial de um leito bacteriano constituido por material poroso não é influenciada pelas dimensões d'estes (*Manchester Report, 1899*).

DIBDIN foi levado a utilizar os seus leitos de lousas e telhas pelo desejo de obter uma capacidade util maior do que a que vulgarmente se obtem com leitos de outros materiaes. Vimos já a fôrma e dimensões das placas e os resultados obtidos. A capacidade util dos leitos attinge inicialmente  $82\%$  da total. Para estes leitos, como para todos os outros, a capacidade util diminue com o tempo; esse assumpto será estudado n'outro parographo.

O relatório de Manchester propõe que se usem escórias que, podendo passar por rédes de malhas de 38<sup>mm</sup> de diametro, não passem já por rédes de malhas de 3<sup>mm</sup>,47 de diametro.

CALMETTE aconselha, para os materiaes de construcção dos leitos, tres dimensões diferentes; por exemplo com as escórias; junto á drenagem no fundo do leito, escórias de 50 a 100<sup>mm</sup> de diametro, depois uma camada media de escórias de 20 a 50<sup>mm</sup> e finalmente uma camada superficial de escórias de 2 a 5<sup>mm</sup> de diametro.

Mas na verdade não é razoavel propôr as mesmas dimensões para todos os casos; deve pelo contrario attender-se á proporção de materia suspensa no liquido a tratar, aceitando como regra geral que quanto mais materia em suspensão existir no liquido tanto maiores deverão ser os elementos do material do leito. Para agua de esgoto bruta contendo 400 mgr. de materia suspensa por litro, os elementos terão mais de 76<sup>mm</sup> de diametro; para um effluente de fossa septica, contendo 80 a 100 mgr. de materia suspensa por litro, convirão geralmente dimensões de 9<sup>mm</sup>,5 a 16<sup>mm</sup> para diametros dos elementos do material; quando se queira tratar um effluente de uma cuidadosa precipitação chimica, contendo apenas 10 a 30 mgr. de materias suspensas por litro, o material mais conveniente será provavelmente o de elementos de cerca de 6<sup>mm</sup>,3 de diametro (*Royal Commission*). Para os leitos secundarios usam-se materiaes mais finos de que para os primarios, que recebem liquidos mais ricos em materia suspensa.

Em alguns casos é preciso attender a circunstancias especiaes, como o caracter da materia suspensa, o aspecto polido ou accidentado dos elementos do enchimento, etc., que podem influir sobre as dimensões do material a escolher.

Mas em todos os casos, como CALMETTE aconselha, é conveniente que a camada de material que assenta sobre os drenos seja de elementos de dimensões maiores do que os restantes, para favorecer a drenagem, e que á superficie do leito seja disposta uma camada de cerca de 15<sup>cm</sup>. de altura de material

mais fino, para impedir que a lama penetre no interior do leito.

Todos estes elementos devem ser libertados, por lavagem, das poeiras e partes desintegradas que não convém que entrem no leito. A passagem por grades ou rêdes é sempre mais ou menos necessaria para separar o material mais grosseiro do mais fino; mas não é preciso fazer esta operação com o cuidado e paciencia que muitas vezes se lhe dedica, com grande perda de trabalho e de tempo.

### c) Quantidade de material a empregar

O problema de saber qual será a quantidade de material de enchimento dos leitos para uma dada installação prende-se com as questões do numero de enchimentos diários e do volume de liquido tratado por unidade de volume de material. Essas questões serão adeante estudadas. Aqui, comtudo, apresento dois graphicos de IMHOFF que indicam, segundo o consumo diario de agua, a quantidade de materiaes necessarios para a construcção dos leitos:

- 1) por habitante;
- 2) por m<sup>3</sup> de liquido a depurar.

Os resultados colhidos do exame dos graphicos podem ser, segundo os calculos feitos por CALMETTE, considerados como medias geralmente accitaveis (1).

---

(1) Só como medias devem ser tomados os resultados fornecidos pelos graphicos de Imhoff, que, de resto, só terão interesse quando não se tenha ainda assentado, em presença da composição e caracter do liquido residual, em quaes devam ser o numero de contactos, o numero de enchimentos diários dos leitos de cada contacto e, portanto, a capacidade a dar a estes.

Com effeito, desde que esteja estabelecida a capacidade total dos leitos, está achado qual o volume do material a empregar: esse volume será o sufficiente para encher os leitos, isto é, o correspondente á capacidade total d'estes, visto como na medição do volume de material, praticamente, se contam os intervallos dos elementos do material como

1) Segundo IMHOFF, nunca deveriam corresponder a cada habitante menos de 130 litros de material. Mas é natural que, com as variações na quantidade de agua utilizada, haja de variar a quantidade de materiaes a exigir.

fazendo parte d'este. Na realidade ficarão, porém, esses intervallos, destinados ao liquido, formando o que se chama a capacidade util dos leitos.

Mais adiante veremos que a capacidade util, durante o periodo de pleno funcionamento em boas condições, se bem que variando com varios factores, póde ser estabelecida em cêrca de 33 0/0 e 40 0/0 da capacidade geometrica, respectivamente para os leitos de primeiro e de segundo contacto.

Se supozermos uma agua de esgoto que nos permita realizar tres enchimentos diarios de cada contacto, teremos que os leitos de cada contacto deverão receber de cada vez  $\frac{1}{3}$  da onda que diariamente terão que tratar. Portanto, desde que a capacidade util dos leitos de primeiro contacto é cêrca de  $\frac{1}{3}$  (33 0/0) da geometrica, é claro que está terá que ser pelo menos igual a  $\frac{1}{3} \times 3$  do volume da onda diaria a tratar, isto é, pelo menos igual ao volume d'essa onda. E como, praticamente, na medição do material se consideram os intervallos como fazendo parte d'este, que ha de encher o leito até á parte superior, vemos que o volume de material necessario, correspondendo á capacidade total do leito, será igual ao volume da onda a tratar. Isto é, para cada  $1^{m^3}$  de liquido diario haverá  $1^{m^3}$  de material em cada leito de primeiro contacto.

Se este contacto é seguido por outro, em leitos secundarios com 40 0/0 de capacidade util, far-se-á um calculo semelhante. Com tres enchimentos o leito de segundo contacto terá que receber  $\frac{1}{3}$  da onda que diariamente ha de tratar; portanto a sua capacidade geometrica, igual a  $2,5 \left( \frac{100}{40} \right)$  vezes a capacidade util, será pelo menos de  $\frac{1}{3} \times 2,5$  do volume da onda diaria a tratar n'elle, ou 0,83 do volume d'essa onda; pelas razões dadas, cada  $1^{m^3}$  de agua residual lançada n'esse leito de segundo contacto exigirá, pois, pelo menos,  $0^{m^3},83$  do material.

Isto é os dois contactos exigirão, pelo menos,  $1^{m^3} + 0^{m^3},83$  de mate-

Na *fig. 31* as linhas obliquas indicam, para as varias especies de leitos, os litros de material necessario por habitante, segundo as variações da quantidade de agua que cada um gasta diariamente.

Este graphico para os leitos de um só contacto, por exemplo, indica 130 litros de material por habitante quando o consumo diario de agua seja de 75 litros por cabeça; se o consumo diario de agua desce a 30 litros, já o graphico indica 50 litros de material por habitante; se, pelo contrario, a agua gasta sobe a 150 litros, o graphico pede 225 litros de material, por cabeça. Como porém IMHOFF é de opinião que a quantidade de material

---

por cada  $1^m^3$  de liquido residual, quando se façam tres enchimentos diarios.

Se, em vez de tres, se fazem menos enchimentos, é claro que a quantidade de material terá que ser maior.

Supponhamos, por exemplo, o caso de dois enchimentos.

Cada leito receberá de cada vez metade da onda que tem a tratar diariamente. Portanto, a capacidade geometrica do leito do primeiro contacto será igual, pelo menos, a  $\frac{1}{2} \times 3$  do volume da onda diaria a tratar ou a 1,5 do volume d'essa onda; cada  $1^m^3$  de liquido da onda diaria exigirá  $1^m^3,5$  de material para os leitos de primeiro contacto. Para os leitos de segundo contacto é facil de vêr que o material exigido por  $1^m^3$  de liquido será, pelo menos, de  $\frac{1}{2} \times 2,5 = 1^m^3,25$ . Os dois contactos pedirão, pois, pelo menos,  $1,5 + 1,25 = 2^m^3,75$  de material por  $1^m^3$  de agua residual.

Identicamente se pôde vêr que quando se adoptam quatro ou mais enchimentos o material necessario será em menor quantidade.

Note-se, porém, que os numeros aqui calculados serão na pratica reputados baixos; é necessario attender á perda de capacidade util que sempre se vai accentuando, em virtude de varias causas, e ás bruscas variações do volume da onda, principalmente em tempo de chuva quando o systema dos esgotos é o unitario. Por isso calcular-se-á sempre mais pelo largo. Os numeros dados pelos graphicos de IMHOFF, attendendo a estes factos, são mais generosos.

não deve em caso algum ser menos de 130 litros por habitante, a linha horizontal mais carregada, que no graphico fica

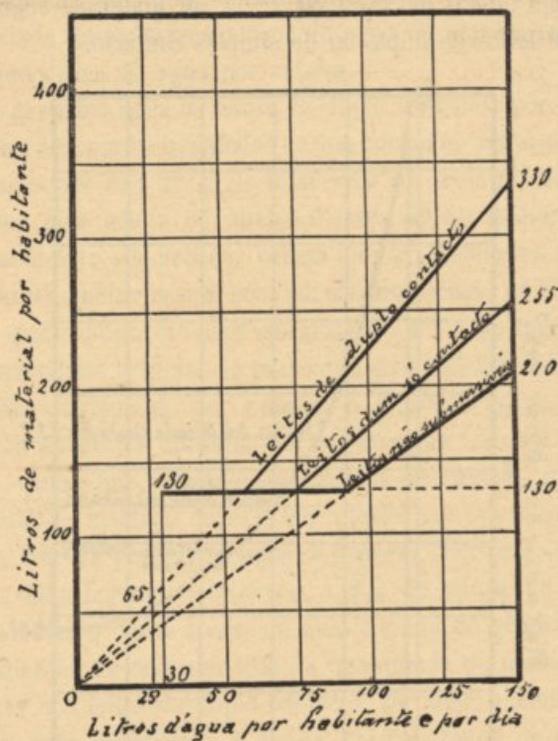


Fig. 31 — Graphico indicando a quantidade de materiaes, por cada habitante, segundo o consumo diario por cabeça e dia (ИМНОФ).

situada a 130 de altura da escala vertical, corta as linhas obliquas em pontos que dão os limites para baixo dos quaes as indicações do graphico não serão julgadas aproveitaveis. Assim só com um consumo diario de agua por habitante superior a 60 litros, para os leitos de duplo contacto, ou a 75 litros, para os leitos de simples contacto, nos serviremos d'este graphico. Quando o gasto de agua seja menor utilizaremos o graphico seguinte (fig. 32).

2) ИМНОФ, calculando a quantidade de materiaes necessarios

para a depuração de conhecidos volumes de liquido residual, é de opinião que nunca se deverá usar por cada  $m^3$  diario de agua suja menos de  $2^{m^3},2$  ou  $1^{m^3},7$  de material, segundo se trata de leitos de duplo ou de simples contacto.

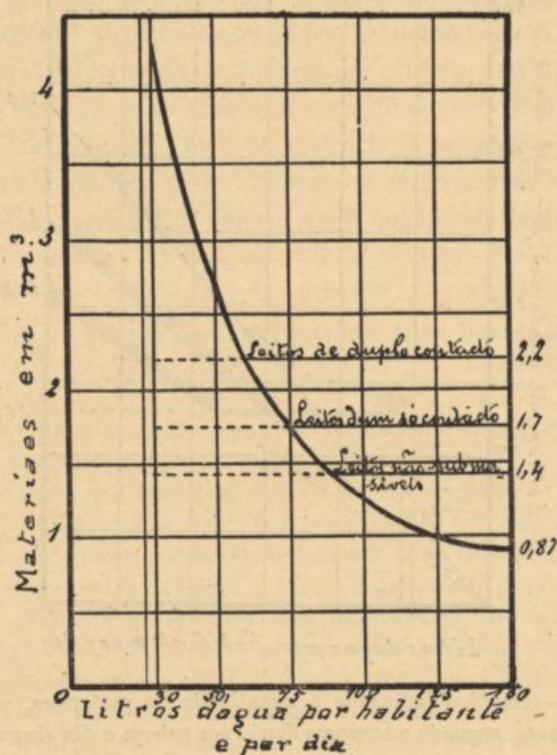


Fig. 32 — Graphico indicando a quantidade de materiaes por  $m^3$  de agua de esgoto a tratar diariamente, segundo o consumo diario de agua por habitante e dia (IMHOFF).

É claro que, segundo o numero de habitantes que fornecem essa quantidade de liquido residual, varia este na sua qualidade e concentração: quantos mais forem os habitantes tanto menor será, n'um dado volume de liquido sujo, a diluição das materias, em resultado da menor quantidade de agua que a cada um é distribuida. Portanto não se olhará só ao volume

de liquido a tratar, mas ainda tambem ao consumo diario de agua por pessoa.

É o que indica o graphico da figura 32, no qual a curva dá a quantidade de materiaes por  $m^3$  de agua de esgoto, segundo o consumo diario de agua por cabeça.

Este graphico para os leitos de duplo contacto, por exemplo, indica-nos para a hypothese de um consumo diario de agua de 60 litros por dia,  $2^{m^3},2$  de materiaes por cada  $m^3$  de agua de esgoto. Mas acima ou abaixo d'esses 60 litros diarios de agua distribuida por cabeça, vemos que os resultados se vão afastando d'aquelle; assim, com um consumo diario de 30 litros de agua por cabeça, obtemos no graphico  $4^{m^3},3$  de materiaes, como quantidade exigida, ao passo que com 150 litros de agua consumida diariamente por pessoa, o graphico apenas exige  $0^{m^3},87$  de materiaes filtrantes por  $m^3$  de agua residual.

Ora vimos que, segundo os calculos de IMHOFF, nunca a quantidade de material deveria ser inferior nos leitos de duplo contacto a  $2^{m^3},2$  por  $m^3$  de agua a depurar. Por isso, no graphico, a linha horizontal collocada a 2,2 da altura da escala vertical indica o limite abaixo do qual a curva do graphico não dará indicação na determinação da quantidade de materiaes a empregar nos leitos de duplo contacto. De modo semelhante a segunda linha estabelece o limite para os leitos de simples contacto.

Portanto só até aos consumos diarios de agua por habitante eguaes a 60 e 75 litros, respectivamente para os leitos de duplo e para os de simples contacto, deverá ser utilizado este segundo graphico.

Em caso de mais abundante consumo, recorrer-se-á ao graphico precedente.

### 3) Importancia da configuração superficial do solo destinado á installação de depuração por leitos de contacto

Sendo, em geral, preciso mais de um contacto para que se obtenha uma depuração acceitavel, comprehende-se que é desejavel que o terreno em que se faz a installação tenha uma configuração tal que permitta construir os dois ou mais leitos necessarios em pontos que tenham entre si differença de nivel bastante para que a simples gravidade, fazendo sahir o liquido da parte inferior do primeiro leito, o faça affluir á parte superior do segundo, e assim successivamente, até á sahida para campos irrigaveis ou ao lançamento a cursos d'agua naturaes.

Sempre que a differença de nivel entre o ponto de affluencia ao primeiro leito e o ponto de sahida do ultimo fôr menor do que a somma das alturas dos leitos, haverá necessidade de recorrer á utilização de disposições mecanicas elevatorias — bombas, ejectores, siphões, etc. — o que torna o funcionamento sempre mais dispendioso, e em geral menos regular.

### 4) Preceitos a seguir na construcção dos leitos submersiveis

#### a) Construcção das bacias continentis e sua drenagem

Quando se empregam os leitos bacterianos deve procurar-se não só obter uma depuração sufficiente de grandes quantidades de um liquido sujo n'um espaço superficial relativamente pequeno, mas tambem garantir o solo vizinho contra a invasão pelo liquido residual.

Ora, se no caso de leitos do *streaming system* a agua de esgoto, atravessando mais ou menos rapidamente os materiaes filtrantes e dirigindo-se para os drenos que a retiram do leito,

não dá tempo a que o liquido se infiltre nas superficies limitantes, no caso de leitos do *holding up system* já não acontece o mesmo. Com effeito, n'estes leitos a demora prolongada de liquido em repouso infallivelmente levará a uma infiltração nas superficies limitantes, desde que estas não sejam naturalmente ou artificialmente impermeaveis.

Por isso, a pratica simples e economica que consiste em abrir grandes covas no solo e enchel-as com os materiaes escolhidos, dispondo os mais volumosos na parte inferior, assentes sobre uma drenagem conveniente, e ajuntando ou não tubos ventiladores, que partindo da parte inferior e caminhando lateralmente vêem até á superficie, pôde ser realizada em qualquer solo quando os leitos sejam do *streaming system*; mas para os leitos de contacto, essa pratica só poderá ser permitida nos solos que se não deixam embeber, quer por serem muito compactos, como alguns dos argillosos, quer por serem naturalmente muito humidos e não manifestarem tendencia a absorver mais liquido do que aquelle que já possuem.

De entre os varios leitos construidos em 1894 em Sutton, um foi obtido pela abertura de uma fossa de 0<sup>m</sup>,914 de fundo e de mais de 4 ares de superficie, em solo argilloso. A argilla retirada depois de cosida e partida, pelo modo atraz indicado, foi de novo lançada na fossa para constituir os supportes microbianos do leito; este não chegou a custar 450\$000 réis. Os leitos de duplo contacto de BURNLEY (9<sup>hect.</sup>, 7128) e os de um só contacto de OLDHAM (2 hectares) foram construidos tambem por simples excavação em solo argilloso e os resultados são satisfactorios, relativamente.

Mas, mesmo nos solos mais appropriados, os leitos assim obtidos são sempre inferiores. A argilla das paredes desaggrega-se pouco a pouco e concorre poderosamente para fazer baixar a capacidade util dos leitos, e, em certos casos, como em Heywood (*Royal Commission*), chega a formar em torno dos drenos uma camada impermeavel ao liquido. Além d'isso, mesmo quando o solo seja muito denso e compacto, pôde acontecer que o liquido venha a penetrar nas paredes por buracos abertos

por ratos ou toupeiras ou por fendas que se abram durante os periodos de arejamento: é o que aconteceu em Halton e Oswestry (*Royal Commission*).

Mais perfectos são os leitos cujas bacias, quer enterradas quer elevadas acima do solo, teem as paredes e o fundo construidos artificialmente de modo a serem perfeitamente impermeaveis e estaveis.

Em muitas installações aproveitaram-se as fossas de sedimentação ou de precipitação chimica já existentes. Em outras, as bacias são construidas propositadamente e, então, evidentemente, apresentam melhores e mais appropriadas condições. A fórma mais recommendavel é a quadrangular ou rectangular. O fundo pôde ser mais ou menos inclinado ( $2^{\text{cm}}$ . por cada metro pouco mais ou menos) no sentido do escoamento, que se fará pelos drenos (telhas com a parte convexa para cima, tijolos cavados ou tubos collocados extremo a extremo e mal unidos) ahi dispostos em espinha ou em linhas parallelas (distanciadas de  $0^{\text{m}},50$  umas das outras), affluindo a um dreno principal munido de uma valvula de sahida (1) (que falta nos leitos de *streaming system*, é claro) (*fig. 27, d*).

Os drenos, n'um leito de contacto, terão um diametro que até certo ponto dependerá das dimensões do material; não devem ser mais largos do que o necessario para assegurar um facil escoamento do liquido. Com effeito, quando do enchimento do leito uma parte do liquido dirige-se para os drenos e enche-os, ficando ahi sem soffrer tão grande depuração com a parte restante, que fica em contacto prolongado com o material de enchimento; quanto menos largos fôrem os drenos tanto menor será, naturalmente, a quantidade de agua que n'elles se accumula.

Este inconveniente de desigual purificação poderia talvez, até certo ponto, evitar-se construindo os drenos de modo que fiquem cheios de liquido depois de cada esvaziamento. Até hoje

---

(1) Ha uma certa conveniencia em que esta valvula seja accessivel, para o caso de se quererem colher amostras do effluente.

ainda isto não foi posto em pratica; quando o seja, será necessário muito cuidado na construcção, de modo que os drenos fiquem a nivel inferior ao material de enchimento e a valvula de sahida de tal fórma que nenhuma porção do liquido permaneça estagnada entre as camadas inferiores do material durante o arejamento. É possível porém que o ficarem os drenos cheios de liquido prejudique o arejamento (*Royal Commission*).

Tem-se proposto por vezes a inclinação das paredes lateraes, com o fim de augmentar a superficie livre e facilitar o arejamento: assim foram construidos cinco dos leitos de Manchester em 1899. Mas comprehende-se bem que o augmento relativo da superficie dos leitos só se obtém á custa da diminuição da capacidade, que será tanto menor quanto maior fôr a inclinação das paredes, e exige um maior espaço superficial para a installação depuradora.

b) Altura que deve occupar o material de enchimento  
no leito bacteriano

A altura dos leitos varia muito (1<sup>m</sup>,8 em Leeds; 0<sup>m</sup>,45 em Oldham). Até um certo limite, a depuração é tanto melhor quanto mais espessa é a camada das materias que constituem o enchimento do leito. Mas acima de certo ponto já nenhuma vantagem se colhe do emprego d'uma maior altura de material. O limite seria segundo RIDEAL uma altura de 1<sup>m</sup>,5.

CLOWES e HOUSTON, comparando nas suas experiencias de Barking os effluentes de leitos com alturas de coke de 1<sup>m</sup>,21, 1<sup>m</sup>,82 e 3<sup>m</sup>,96, encontram resultados equivalentes na depuração.

BAUCHER aconselha uma altura de 0<sup>m</sup>,80 a 1<sup>m</sup>,50; CALMETTE 0<sup>m</sup>,80 a 1<sup>m</sup>,20.

A *Royal Commission* entende que os leitos nunca devem ser mais baixos do que 0<sup>m</sup>,75 nem mais altos do que 1<sup>m</sup>,82, pelas seguintes razões: — 1.º Para que um leito se evacue bem é preciso, como dissemos, dispôr junto dos drenos uma camada

de material grosseiro, que com os proprios drenos occupará uma altura media de 0<sup>m</sup>,15; o liquido que fica n'esta altura entre o material grosseiro e no interior dos drenos é menos depurado do que o restante que fica durante o periodo de plenitude nas camadas superiores, e por isso a primeira onda effluente, quando começa o esvaziamento, é sempre inferior ás seguintes; ora como, segundo a *Royal Commission*, é desejavel que o espaço do leito que permite esta menor depuração não occupe mais do que  $\frac{1}{5}$  da altura total cahimos no limite minimo dado acima para esta. — 2.º Convém dar um limite maximo para a altura; porque quanto maior esta é tanto maior é o pêso que supportam as camadas inferiores do material e portanto maior é a sua desintegração; além d'isso, um leito muito fundo é muito mais difficil de evacuar, quando seja necessario fazer a lavagem do material, requerendo-se na operação muito tempo e destruindo-se muito material.

Estes pontos são muito importantes de notar, visto que, exigindo a altura occupada pelo material uma profundidade e differença de nivel correspondentes, quando da construcção das bacias continentes, poder-se-á desde logo, nos terrenos em que as differenças de nivel são pouco pronunciadas, determinar se estas são ou não sufficientes.

Muitas vezes, quando a configuração do terreno, pelas suas differenças de nivel, o permite sem inconveniente para a distribuição do liquido sem necessidade de despesas com machinas elevatorias, dá-se á camada do material uma altura maior do que a depuração exige. Simplesmente visa-se, então, a obter a maior capacidade que lhe é concomitante, util quando a superficie do terreno disponivel é limitada.

- c) Capacidade util original e capacidade util do leite em pleno funcionamento activo; capacidade geometrica dos leitos e volume da onda a tratar

Em virtude de varias causas que mais adeante estudaremos, a *capacidade util* que originalmente um leite deixa livre para o liquido vá diminuindo com o tempo. Essa diminuição é rapida durante o primeiro periodo de funcionamento do leite, em que ainda os microbios se não teem multiplicado bastante (1); mais tarde, a capacidade util continúa a diminuir, mas, em virtude, em grande parte, do desenvolvimento da actividade dos germens, muito mais lentamente, e pôde mesmo ficar quasi estacionaria, quando se dá um certo numero de condições favoraveis.

Ora, durante este periodo de funcionamento do leite «amadurecido», em boas condições, a capacidade util, se bem que variando um pouco com a natureza e dimensões do material dos leitos, mantem-se, em media geral, igual ou um pouco superior a 33 % e 40 % da capacidade geometrica, respectivamente n'um leite de primeiro contacto e no correspondente leite de segundo contacto (*Royal Commission*) (2).

---

(1) Não pôde dar-se nenhuma regra com respeito á duração do periodo durante o qual a capacidade util do leite baixa rapidamente. A duração d'este primeiro periodo que dependerá, em parte, do volume liquido tratado por dia e da quantidade de materia suspensa que elle contém, foi, em Huddersfield, de cinco mezes para os leitos primarios e de doze mezes para os secundarios; em Sheffield de seis mezes para os leitos primarios, de doze mezes para os secundarios; em Leeds de nove a doze mezes; em Oldham de doze mezes.

(2) Os numeros dados anteriormente pelo *Local Government Board* para a capacidade util dos leitos primarios e secundarios são de respectivamente 25 % e 33  $\frac{1}{3}$  % da capacidade geometrica.

A *capacidade geometrica*, ou capacidade total do leito completamente evacuado de liquido e material, terá que ser calculada, attendendo-se ao que atraz fica dito sobre a capacidade util, em presença do volume da onda liquida a tratar diariamente.

Por isso, antes de mais nada, torna-se necessario saber se aos leitos bacterianos em que se trata o effluxo residual de tempo sêcco hão de affluir tambem liquidos pluviaes, engrossando a onda a tratar em dias chuvosos, ou se, pelo contrario, se hão de criar leitos especiaes, mais simples no funcionamento, destinados ao tratamento dos excessos de liquido em tempo de chuvas.

Com effeito, se os leitos de contacto nunca teem que receber senão as aguas sujas do tempo sêcco ou um volume correspondente ao d'ellas, é claro que basta que a somma das capacidades uteis dos leitos de cada contacto seja igual a  $\frac{1}{3}$  do volume da onda diaria normal ou que a somma das capacidades geometricas em cada contacto seja igual ao volume d'esta onda (1), quando, como é o caso habitual, se fazem tres enchimentos diarios.

É o caso dos leitos de contacto servidos por esgotos do systema separador, e ainda o caso dos leitos de contacto servidos por esgotos do systema combinador, quando o excesso do volume liquido da onda de tempo de chuva sobre o da onda do tempo sêcco seja lançada a *leitos de chuvas* (*lits d'orage, storm-beds*). Estes leitos são construidos de fôrma semelhante, mas mais simples e economicamente do que os leitos de contacto, com materiaes mais grosseiros e menos cuidadosamente dispostos. A parte de agua de esgoto de tempo chuvoso que lhes é enviada, depois de passada por bacias de detricos, atravess-

---

(1) Uma tal capacidade geometrica só é exigida, porém, para os leitos do primeiro contacto; com effeito, em geral os leitos do segundo contacto podem ter uma capacidade geometrica menor do que os do primeiro, visto a sua capacidade util ser, relativamente, maior.

sa-os simplesmente, abandonando á passagem grande parte das suas materias suspensas. Nas installações modernas ha quasi sempre leitos de chuvas de superficie não inferior a metade da dos leitos de contacto.

Pelo contrario se, sendo o systema unitario o adoptado, ha o proposito de lançar aos mesmos leitos de contacto volumes additionaes, que possam affluir em tempo chuvoso, é necessario que esses leitos tenham uma capacidade maior, se se quer que o numero de enchimentos diarios fique constante.

Segundo os regulamentos do *Local Government Board*, em Inglaterra, a capacidade util dos leitos empregados n'estes casos deve ser sufficiente para conter a onda diaria do tempo sêcco (isto é, a capacidade geometrica igual a tres vezes esta onda); com tres enchimentos (cyclos de 8 horas), portanto, poder-se-ão ainda tratar em tempo de chuva mais dois volumes eguaes ao que normalmente se trata tambem com tres enchimentos. Todo o liquido que vá além do triplo da onda habitual será lançado a leitos de chuvas capazes de tratarem um volume liquido igual ao de seis volumes da onda habitual. D'esta fórma consegue-se fazer o tratamento de uma onda nove vezes superior á habitual, sem fazer subir nos leitos de contacto o numero de enchimentos.

Comtudo, a *Royal Commission*, partindo de que os leitos de chuvas são pouco efficazes (1) e de que nos leitos de contacto

---

(1) «D'um modo geral, não sômos favoraveis aos leitos especiaes de tempo de chuvas porque, se quando bem construidos e scientificamente regulados (como em Manchester) podem dar bons resultados, a nossa experiencia leva-nos á conclusão de que elles como geralmente são construidos e usados não produzem uma purificação proporcional ao seu custo. Quando não usados regularmente, o seu poder oxydante póde, durante os periodos de tempo sêcco, diminuir ou perder-se. Se são usados em tempo sêcco, de fórma a conserval-os activos, parece-nos que devem ser tão bem e cuidadosamente construidos como os leitos ordinarios. Parece tambem ser uma falsa economia ter uma parte da área depuradora fóra de uso durante algum tempo, quando, a ser usada, essa área suplementar poderia consentir regularmente periodos de repouso á área filtrante normal» (*Royal Commission*).

se poderá em tempo de chuva tratar, sem inconveniente para a depuração, o liquido residual diluido pelas aguas meteoricas em cyclos duas vezes mais numerosos do que habitualmente, recommenda que se ponham de lado os leitos de chuvas e que os de contacto, com uma capacidade  $1\frac{1}{2}$  vezes maior do que a que seria necessaria para a onda de tempo sêcco, tratem em tempo de chuva um volume liquido' igual até tres vezes aquella onda. Como, porém, pôde acontecer que, n'estas condições, a affluencia seja tal n'um dado momento que os enchimentos e esvaziamentos duas vezes mais frequentes e o aproveitamento do terço da capacidade dos leitos não utilizado em tempo sêcco não lhe dêem vencimento, é preciso que haja fossas (vazias em tempo sêcco) onde o liquido em excesso seja recebido; estas fossas poderão ser geralmente de uma capacidade igual a  $\frac{1}{4}$  da onda de tempo sêcco; só depois de ellas cheias, é que o liquido que continúa affluindo expulsará para as correntes naturaes uma quantidade de liquido correspondente que já terá soffrido na fossa uma certa sedimentação (1). Quanto á capacidade dos leitos n'estas condições poderá ser, como vemos, menor (de metade) do que a pedida pelo *Local Government Board*. Mas se as circunstancias locaes impõem o tratamento, nos leitos bacterianos, de uma quantidade do liquido de tempo de chuva superior a tres vezes a onda do tempo sêcco (o que raro acontecerá, segundo a Commissão Real Inglesa) dar-se-á aos leitos uma capacidade necessaria para tratar essa quantidade de liquido, com um numero de enchimentos duplo do habitual em tempo sêcco; assim, por exemplo, querendo-se tratar nos leitos em tempo de chuva um volume liquido igual a seis vezes a onda de tempo sêcco, os leitos terão uma capa-

---

(1) Façamos notar que estas aguas de esgoto diluidas pelas meteoricas, no caso de systema unitario, arrastam sempre grande quantidade de materias mineraes, das ruas, etc., a que é preciso impedir a entrada nos leitos, por decantações bem feitas, em fossas de detricios sufficientes.

cidade igual a  $\frac{6}{2} = 3$  vezes a que seria necessaria se só se quizesse tratar esta ultima onda.

No que vái seguir-se, como no que tem sido dito, quando não haja nota em contrario, suppôr-se-á que me refiro aos leitos destinados ao tratamento da onda residual de tempo sêcco.

O que fica exposto para a hypothese de se fazerem tres enchimentos diarios não se pôde, naturalmente, aceitar para os casos em que haja mais ou menos enchimentos; havendo mais cyclos, a capacidade dos leitos pôde ser menor e, ao contrario, havendo sómente dois ou um cyclo nas 24 horas, os leitos deverão ser de capacidade maior do que a indicada para aquella hypothese.

#### d) Preparo superficial do material dos leitos de contacto

A agua que, das fossas de tratamento preliminar ou das bacias collectoras, afflue ao leito de contacto deve ser distribuida a toda a superficie d'este do modo mais igual e regular possivel (1).

Umaz vezes, como acontece na installação de Madeleine, a agua é distribuida em leque sobre a superficie do leito, por

---

(1) Tem-se tentado collocar canaes distribuidores do liquido no leito um pouco abaixo da superficie do material, para assim evitar o mau cheiro; mas n'estes casos é preciso uma vigilancia muito maior para evitar a frequente impermeabilização dos orificios de sahida do liquido e das camadas vizinhas de material do leito.

Em um ou dois casos experimentou-se encher os leitos de contacto fazendo entrar o liquido de baixo para cima, mas assim ha uma difficuldade enorme em manter a capacidade util do leito que as materias suspensas obstroem na parte inferior, que só trabalhosamente é accessivel.

meio do lançamento a uma pequena bacia limitada por um muro semi-circular, munido de aberturas, mais estreitas na parte mediana (onde o impeto do liquido é maior) do que nas partes lateraes do seu perimetro. Outras vezes a agua é lançada em caleiras dispostas longitudinalmente sobre o leito, distanciadas de 1<sup>m</sup> a 1<sup>m</sup>,5 umas das outras, que permitem que o liquido, por trasbordo, cáia d'um e d'outro lado sobre a superficie do leito.

Seja como fôr, os materiaes superficiaes estão dispostos em cristas e regueiras de 10<sup>cm</sup>. de fundo, pouco mais ou menos, que partem dos pontos em que o liquido é lançado no leito e lhe asseguram uma mais igual distribuição por toda a superficie.

A agua de esgoto penetra então no interior do leito e vai-o enchendo pouco a pouco. Quando o periodo de contacto está terminado, a drenagem assente no fundo impermeavel do leito deixa passar o liquido ao leito do seguinte contacto, onde a sua distribuição se faz de fôrma identica.

#### 5) Numero de enchimentos diariamente. Distribuição do tempo pelas varias phases do funcionamento dos leitos

Desde que a depuração pelos leitos de contacto consiste em fazer alternar periodos de plenitude com outros de arejamento, é claro que, fazendo variar a duração d'esses periodos, se poderá praticar diariamente um maior ou menor numero de enchimentos.

Quanto mais numerosos forem estes enchimentos tanto maior será, evidentemente, o volume de agua residual que, n'um dado leito, pôde ser tratado; mas em compensação a depuração do effluente vai-se tornando mais imperfeita. Assim por exemplo CALMETTE, na installação de Madeleine, effectuando um enchimento diario para cada leito, obtinha effluentes de leitos de primeiro e de segundo contacto, contendo respectiva-

mente 9<sup>mgr.</sup>,4 e 27<sup>mgr.</sup> de nitratos; com tres enchimentos diarios os nitratos desciam a 4<sup>mgr.</sup>,6 e 17<sup>mgr.</sup>,6 e com quatro enchimentos a 3<sup>mgr.</sup> e 8<sup>mgr.</sup>,7 por litro, respectivamente no effluente do primeiro e no do segundo contacto. A depuração que é mister obter não permite em Madeleine que se vá além de tres enchimentos diarios.

Em Manchester a agua residual é mais diluída e não se exige uma depuração tão grande como em Madeleine; por isso, ahi realizam-se quatro enchimentos nas 24 horas. N'outros pontos, pelo contrario, não se poderá ir além de dois enchimentos.

A resolução da questão do numero de enchimentos diarios está intimamente ligada á do volume de liquido que se pôde tratar por dia por cada m<sup>3</sup> de material do leito (pag. 399). O numero de enchimentos depende das dimensões dos elementos do material empregado, da quantidade de materia suspensa e da concentração do liquido a tratar, do tratamento preliminar soffrido por este e ainda do clima do logar e de outras circumstancias secundarias.

Mas em geral, seja qual fôr o numero de enchimentos diarios, o tempo de estada do liquido em contacto com os materiaes do leito varia pouco: é de 2 horas pouco mais ou menos. Em qualquer caso, o tempo destinado ao enchimento e o destinado ao esvaziamento do leito são tambem pouco variaveis e eguaes a 1 hora ou  $\frac{3}{4}$  de hora (1). N'estas condições, é claro que o periodo de arejamento é que soffre as variações na sua duração, quando vâria o numero de enchimentos diarios (2).

---

(1) As operações de enchimento e de esvaziamento devem ser tão rapidas quanto possivel, mas deve-se tomar por outro lado o maximo cuidado em que não sejam rapidas em excesso, para que não causem a desintegração do material e não perturbem os germens activos na sua vitalidade.

(2) Mas este modo de proceder não é sempre razoavel. FOWLER, estudando esta questão nas suas experiencias de Manchester, affirmá que

Suppondo que se fazem quatro enchimentos diários, á

a duração dos periodos deve depender quasi «inteiramente da idade dos leitos e da diluição da agua de esgotos».

Durante os primeiros tempos do funcionamento, é vantajoso que o periodo de plenitude ou de contacto seja muito longo (até 24 horas). Tem-se n'este caso em vista favorecer a formação, á superficie dos materiaes, d'uma camada viscosa de substancia colloide na qual se começa a desenvolver a acção biologica real. Quando esta camada augmenta, augmenta tambem o poder de absorção e de fixação dos materiaes para as substancias do liquido residual e torna-se necessario um menor tempo de contacto, tempo que, n'um leito funcionando já de ha muito, bastará, por vezes, que seja de um quarto de hora.

Com o augmento de diluição (pela agua das chuvas, por exemplo) do liquido que se trata, o periodo de contacto pôde ser reduzido a um minimo.

«De um modo geral, continúa FOWLER, uma vez que o leito está em pleno funcionamento biologico, o periodo de arejamento é mais importante do que o de contacto, e o tempo total occupado nas 24 horas pelo enchimento, pela plenitude e pelo esvaziamento não deverá exceder o o tempo total de arejamento. Portanto, com frequentes enchimentos, o tempo de contacto deveria ser encurtado. Se os leitos demóram muito a encher, o tempo excessivo assim gasto deveria ser descontado no tempo de contacto. O que fica dito applica-se tanto aos leitos de primeiro como aos de segundo contacto; contudo, como estes tratam liquidos menos impuros do que os primeiros, poderão suportar quantidades de liquido mais consideraveis».

A *Royal Commission* é de opinião que, a menos de circumstancias excepcionaes, quando se faça um projecto de installação de depuração por leitos submersiveis, se devem calcular 2 horas para a duração de cada contacto. A pratica mostrará ulteriormente se esse tempo não poderá ser encurtado. Contudo, deve saber-se que as variações subitas na duração dos contactos sempre produzem alterações no funcionamento biologico do leito: assim a *Royal Commission* verifica que em leitos que habitualmente teem contactos de 2 horas, quando occasionalmente o contacto se torna de 5 ou 6 horas, á superficie acodem vermes em grande numero. Será pois bom evitar a pratica semelhante á seguida em Calverly, em que habitualmente os periodos de contacto variam em duração desde 6 a 24 horas.

semelhança do que se pratica em Manchester, poder-se-ão dividir as 24 horas da seguinte fôrma:

$\frac{3}{4}$ hora	— enchimento
2 horas	— plenitude
$\frac{3}{4}$ hora	— evacuação
2 $\frac{1}{2}$ horas	— vazio ou arejamento

Total... 6 horas — cyclo completo; e como este mais tres cyclos de 6 horas, nas 24.

Suppondo o caso de tres enchimentos diarios, CALMETTE propõe:

1 hora	— enchimento
2 horas	— plenitude
1 hora	— esvaziamento
4 horas	— vazio ou arejamento

Total... 8 horas — cyclo completo; e como este mais dois cyclos eguaes nas 24 horas.

Na pratica quando se regula o funcionamento por valvulas e comportas, manualmente, prefere-se muitas vezes, por commodidade, fazer dois enchimentos nas 12 horas de dia, reduzindo a 2 horas o tempo de arejamento de cada um d'esses dois cyclos, e realizar o terceiro enchimento nas 12 horas que abrangem a noite com um periodo de arejamento muito prolongado (8 horas). Comtudo esta pratica é de resultados mais defeituosos e por isso condemnada pela *Royal Commission*.

Para o caso de dois enchimentos diarios, CALMETTE propõe:

1 hora	— enchimento
2 horas	— plenitude
1 hora	— evacuação
8 horas	— vazio ou arejamento

Total... 12 horas — cyclo completo; e como este mais outro cyclo de 12 horas, nas 24.

Mas, n'este caso tambem, quando a distribuição do liquido

se não faz automaticamente, pôde desejar-se evitar a necessidade de vigilancia nocturna; então, poder-se-á adoptar a seguinte divisão de tempo:

	1 hora — enchimento
	2 horas — plenitude
	1 hora — evacuação
	3 horas — arejamento
Total . . .	7 horas — primeiro cyclo completo.

	1 hora — enchimento
	2 horas — plenitude
	1 hora — evacuação
	13 horas — arejamento (que será feito durante a noite)

Total . . . 17 horas — segundo cyclo completo.

Estes cyclos deseguaes dão resultados menos bons do que os cyclos eguaes, como já dissemos atraz para o caso de tres enchimentos; portanto, só em caso de necessidade se recorrerá a esta pratica.

Notemos que o que dizemos aqui refere-se aos leitos de cada contacto; havendo mais do que um contacto, o liquido que sai d'um leito primario irá soffrer o contacto ou contactos seguintes em leitos que estão regulados de fôrma semelhante (1).

Se ha dois ou mais leitos de cada contacto, estes leitos devem funcionar desencontradamente; assim, por exemplo, sendo oito leitos, poderemos ter n'um dado momento um a encher-se, um a evacuar-se, dois no periodo de plenitude, e quatro no de arejamento. N'estes casos, comprehende-se que

---

(1) Contudo, no caso de dois enchimentos diários com cyclos de desigual duração, quando haja dois contactos, CALMETTE julga sufficiente 1 hora para os periodos de plenitude do leito secundario; d'esta fôrma, o leito de segundo contacto terá um periodo de arejamento de 15 horas no segundo cyclo.

os cyclos de dia e de noite devem ser eguaes e que se o funcionamento é regulado manualmente a vigilancia deve ser constante dia e noite; geralmente, porém, recorre-se, então a aparelhos automaticos especiaes.

**6) Aparelhos automaticos e o serviço manual para o enchimento e o esvaziamento dos leitos de contacto**

A *Royal Commission* conclue das suas proprias observações e das experiencias alheias que, se dentro de certos limites pôde haver vantagens na utilização de aparelhos automaticos para encher e esvaziar os leitos de contacto, estes aparelhos não devem ser systematicamente usados e não merecem uma confiança absoluta.

Dos aparelhos automaticos, os mais conhecidos são os da *Septic tank Company* e os dos Irmãos Adams.

Os primeiros baseiam-se no principio do balancé hydrau-lico: um filete de agua produz ao fim de um certo tempo o volume de liquido necessario para fazer, pelo seu pêso, balan- cear uma alavanca que, ao tempo que abre uma comporta, fecha outra. Na installação experimental de Neyly ha mais de 4 annos que é usado um d'estes aparelhos, regulando só por si, com muito bom resultado, o funcionamento de quattros leitos: um d'estes enche-se, enquanto outro está cheio, o terceiro se esvazia e o quarto se areja.

Os aparelhos de Adams (*fig. 27, S*) compõem-se de dois syphões conjugados que garantem a entrada e a sahida do liquido intermittenemente, pela compressão do ar no seu interior. São muito bem construidos e solidos, como se tem provado em Toulon e em muitas outras installações.

O distribuidor automatico de MATHER e PLATT (Manchester) tem sido usado em Halle, para 327<sup>m3</sup> diarios de agua de esgoto destinados a 164<sup>m2</sup> de leitos de um só contacto. Com distribuidores d'estes, a agua de esgoto passada por grades ou sedimentada é recebida n'um compartimento de capacidade variavel (em relação com a onda media a tratar); logo que este compartimento se enche, o liquido sai d'elle por um syphão que o despeja n'uma camara de distribuição, ao passo que no compartimento precedente um fluctuador cylindrico ôcco, que o liquido levantara, desce de novo para o fundo, fazendo mover, por meio de uma roda dentada, um braço horizontal munido de saliencias que determinam a abertura ou a oclusão de uma série de valvulas que estabelecem a communicação entre os leitos e o liquido contido na camara de distribuição.

Notemos porém que estes apparatus automaticos não dão uma distribuição com a regularidade desejada. Com effeito, durante certas horas da noite e mesmo do dia, a agua de esgoto afflue aos leitos muito lentamente; é então necessario muito tempo para se encherem os syphões (se se usam apparatus semelhantes aos de Adams que só funcionam quando o seu enchimento é completo) ou para se accumular o volume de liquido necessario para fazer balancear a alavanca (no caso dos apparatus de *Septic-tank Company* e congeneres) que não de determinar o esvaziamento do leito; durante todo esse tempo, pelo menos uma parte dos materiaes do leito terá ficado submersa, com prejuizo para a flora oxydante e proveito para o desenvolvimento dos germens desnitrificadores; os resultados da depuração soffrem com isso.

Para que se evitassem esses inconvenientes seria mister que os apparatus automaticos podessem assegurar o esvaziamento total dos leitos ao fim de duas horas de contacto, mesmo quando nos leitos durante esse tempo estivesse contida uma quantidade de liquido insufficiente para os encher; seria

necessario ainda que só depois de quatro horas de arejamento (no caso de tres enchimentos diarios) a agua podesse entrar de novo. O funcionamento deve com effeito ser regulado segundo o tempo e não segundo os volumes de liquido.

Na verdade póde-se, em certos casos, regularizar o affluxo do liquido aos leitos do primeiro contacto; é o que até certo ponto se consegue pelo uso dos chamados *modulos*.

O primeiro usado em Piechmont compunha-se de uma camara munida de uma comporta, tendo na parte inferior um orificio de convenientes dimensões; a comporta abria-se automaticamente mais ou menos até que a onda corrente passasse na camara a um certo nivel constante. Este *modulo* exige uma queda apreciavel.

Outros *modulos* automaticos exigem uma differença de nivel menor. O que se usa em Barrhead apenas exige uma differença de nivel de 0<sup>m</sup>,0254; consiste em uma camara tendo no fundo uma abertura circular atravez da qual passa um corpo conoidal de base inferior ligado a uma boia; quando baixa o nivel no interior da camara, a boia desce e com ella o corpo conoidal, o que augmenta o espaço livre para a passagem do liquido pela abertura inferior.

O emprego d'estes apparatus implica naturalmente a accumulção de quantidades de agua de esgoto variaveis durante tempo maior ou menor.

Mas, quando mesmo se tenha regulado o affluxo do liquido, o emprego dos apparatus automaticos tem certos inconvenientes: 1.º as despesas de aquisição e de reparos; 2.º a impossibilidade de fazer variar a onda a tratar com o estado em que o leito na occasião se encontre, e 3.º a impossibilidade de alterar os periodos quando a onda varie consideravelmente em volume, pelo affluxo de aguas pluvias, por exemplo (1). Sob estes pontos de vista a manobra manual é preferivel.

---

(1) Os apparatus devem, n'este caso, permittir a sahida, para os leitos de chuvas ou fossas de reserva, ao excesso de liquido sobre o do volume da onda habitual.

Póde dizer-se que, de um modo geral, quando se trate de grandes installações onde a presença de vigilantes é sempre necessaria, o melhor é ainda adoptar o serviço manual para o enchimento e esvaziamento dos leitos, guardando-se osapparelhos automaticos para as pequenas installações. N'estas, onde nem sempre são precisos um trabalho manual e uma vigilancia constantes, os apparelhos podem ser de grande vantagem, mas com a condição de serem tão simples quanto possível no seu funcionamento e a de serem inspeccionados ao menos uma vez por dia.

**7) Perda da capacidade util dos leitos bacterianos de contacto, e suas causas; meios de recuperar a capacidade perdida e meios de evitar essa perda**

Já dissemos que, como media geral, se podem estabelecer em  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{1}{2,5}$  da capacidade total respectivamente de um leito primario e de um secundario em plena actividade e em boas condições de funcionamento as correspondentes capacidades uteis ou livres para o liquido. Mas estas capacidades uteis, na realidade, são muito menores do que eram originalmente e a cada momento continuam baixando, mais ou menos rapidamente segundo a importancia de varios factores, dos quaes os principaes são os seguintes:

- a) Desintegração do material de enchimento.
- b) Condensação do material de enchimento.
- c) Desenvolvimento excessivo de germens e organismos varios.
- d) Volume exaggerado do liquido tratado no leito.
- e) Drenagem defeituosa.
- f) Falta de periodos de descanso.
- g) Deposito de substancias colloidaes.
- h) Insolubilização, por acção do leito, de certas substancias dissolvidas do affluente.

i) Deposito, nos leitos, da materia suspensa no liquido tratado.

Estudemos, a par de cada uma d'estas causas da perda de capacidade, os meios propostos para recuperar a capacidade perdida ou para evitar que essa perda se produza.

a) Desintegração do material

Já sabemos que o material usualmente usado é mais ou menos sujeito a desintegração.

Nas experiencias do Coronel HARDING e de HARRISON, em Leeds, verificou-se que o material de todos os leitos de contacto se desintegrava consideravelmente.

Uma d'estas experiencias, que durou de 2 outubro de 1897 a 8 de setembro de 1898, para o tratamento de agua de esgoto bruta em leitos de contacto cheios de fragmentos de coke de mais de 76<sup>mm</sup> de diametro, mostrou que a desintegração era consideravel, tanto nos leitos do primeiro como nos do segundo contacto. No fim do tempo indicado, retirou-se o material dos leitos primarios, que só receberam de novo a parte d'esse material que não passava atravez de malhas de 38<sup>mm</sup> de diametro; o volume do coke assim excluido foi, segundo os autores, igual a 45,25 % do volume do coke primitivo. N'estas condições, HARDING e HARRISON concluiam que, se em vez d'este material se tivesse podido usar um outro insusceptivel de desintegração, a perda de capacidade ao fim do tempo da experiencia seria menor de um terço do que a que fôra encontrada.

Tratando agua de esgoto bruta, effluentes de fossa septica ou de fossas de precipitação chimica em leitos de escorias, os autores citados encontravam ainda uma desintegração notavel.

Em Harttley Wintney, á importante desintegração soffrida

durante cinco annos pelos leitos de escorias friaveis, attribue a *Royal Commission* um papel dos mais importantes na perda da capacidade util observada ao fim d'esse tempo.

Em Burnley, verificáram-se factos semelhantes. Mas n'esta installação chegou-se a uma conclusão interessante: É a de que o material desintegrado dos leitos primarios pôde ser aproveitado, com vantagem, para os leitos secundarios, porque, se estes são cheios com material velho que tem sido lavado e segunda vez passado por redes, a perda da sua capacidade é mais lenta do que quando se emprega material novo para o seu enchimento.

As experiencias feitas em Manchester são tambem de valor sob este ponto de vista. Em 2 de maio de 1902 começou em uso um leito formado com escorias não passando por malhas de  $4^{\text{mm}},8$ , sobre uma camada de escorias maiores assentes sobre os drenos. Depois de 2:578 enchimentos, todo o material foi lavado sobre uma rede de malhas de  $6^{\text{mm}},3$  de diametro.

Em resultado d'esta operação, notou-se que 24,1 % do material era pequeno de mais para voltar para o leito. Cêrca de dois terços d'esta percentagem eram constituídos por elementos de  $3^{\text{mm}},1$  a  $6^{\text{mm}},3$  e podiam utilizar-se na superficie dos leitos secundarios. Descontando, pois, esta quantidade capaz de ser ainda aproveitada, FOWLER calcula que a perda do material é de 8 a 40 % do material primitivo.

Factos semelhantes a estes se observaram em Newton-le-Willows, Andover, Oswestry, etc., não podendo deixar duvida que a perda da capacidade util dos leitos de contacto é devida, em uma consideravel proporção, á desintegração do material com que o leito é formado (*Royal Commission*).

Quando a capacidade util tem diminuido em virtude da desintegração, o remedio consiste, como temos visto, em retirar

o material do leito, separar por lavagens e passagem por redes os elementos que conservam ainda as dimensões suficientes e accrescentar-lhes o material novo bastante para compensar a parte que se desfez até um grau inaceitavel. Tudo isto, é claro, não se faz sem dispendio de trabalho, de tempo e de dinheiro.

Por isso, convém, tanto quanto possível, usar de materiaes não sujeitos a desintegração, para evitar que esta chegue a originar a baixa da capacidade do leito.

#### b) Condensação do material

Quando se produz a desintegração do material, os pequenos pedaços são levados para os espaços intermedios aos outros elementos. O mesmo acontece quando os varios elementos do material de um leito são de um tamanho desigual, ainda que a desintegração não intervenha. A este phenomeno chama-se *consolidação* ou *condensação* do material.

Nas experiencias de Leeds, verificou-se que um leito trahendo um effluente septico perdera em 6 mezes grande parte da sua capacidade util, que passára de  $134^{\text{m}^3}$  para  $48^{\text{m}^3},1$ , não obstante o material situado a  $50^{\text{mm}}$  abaixo da superficie estar ainda relativamente limpo. Um repouso de seis semanas e o facto de revolver o material levaram a capacidade a  $122^{\text{m}^3},2$ . N'este leito os elementos do material de enchimento variavam de  $3^{\text{mm}},17$  a  $9^{\text{mm}},51$  de diametro.

Observaram-se factos semelhantes para o tratamento de um effluente de precipitação pela cal. A capacidade util de um leito de contacto formado por escorias de  $15^{\text{mm}},85$  a  $25^{\text{mm}}$  de diametro, que era de  $253^{\text{m}^3}$  em 24 de março de 1899, tinha baixado a  $98^{\text{m}^3},1$ , em 20 de outubro de 1899 depois de menos de sete mezes de funcionamento a tres enchimentos diarios. Apesar d'isso o material estava relativamente limpo alguns centimetros abaixo da superficie.

Tanto n'este caso como no precedente se verificou que a perda de capacidade era, em muito grande parte, devida á consolidação do material, de elementos muito deseguaes.

N'um outro caso, em Hampton, onde se usava um material muito fino, observaram-se factos semelhantes. N'um leito terciario formado de escorias inferiores a 6<sup>mm</sup>,3 de diametro, incluindo pó, viu-se que o material ao fim de cinco annos se consolidára de tal fórma que o effluente do segundo contacto só com extrema difficuldade o penetrava. O simples revolvimento do material augmentou consideravelmente a capacidade util que se encontrava muito diminuida; antes do revolvimento, o aspecto do material, relativamente limpo, mas de elementos muito ligados entre si, mostrava claramente que a perda de capacidade era muito mais devida á consolidação do que aos depositos de materia suspensa. Os leitos de material fino, como o d'este caso, são incontestavelmente mais sujeitos á consolidação do que os leitos de material medio ou grosseiro. Em Devizes a *Royal Commission* verificou que n'um leito de material muito fino, comprehendendo pó, a união entre os elementos se fazia por fórma que o liquido de um enchimento não tinha tempo de se escoar antes do começo do enchimento seguinte, d'onde resultava que se produziam no corpo do leito phenomenos de putrefacção.

O meio de fazer recuperar algum tanto da capacidade perdida pela consolidação consiste, como já se viu, no revolvimento do material. Mas mais convém procurar impedir que a consolidação se produza; para isso usar-se-á no corpo do filtro material de elementos de eguaes dimensões e de fórma cubica ou espherica, de preferencia aos de fórma achatada ou em laminas, e far-se-á o enchimento e o esvaziamento de modo que o liquido não corra com violencia deslocando os materiaes.

## c) Desenvolvimento de organismos

Quando se extráe um elemento do material do enchimento de um leito em boas condições de funcionamento, nota-se que a sua superficie está coberta de uma substancia gelatinosa que tem o poder de absorver rapidamente oxygeneo, libertando  $\text{CO}_2$ , e que, examinada ao microscopio, mostra um enorme numero de bacterias. É a esta materia que se suppõe pertencer, como já dissemos (pag. 374, nota 2), o poder de decomposição e oxydação da materia organica dos liquidos impuros, mas pouco de preciso é conhecido ácerca da sua natureza e modo de acção. Ora, segundo varios autores, o desenvolvimento d'esta geleia viva é uma causa de perda da capacidade.

FOWLER diz a este respeito: «Isto (o desenvolvimento de seres vivos) é ao mesmo tempo a causa do augmento de efficiencia depuradora do leito e de perda da sua capacidade. Examinando o material de um leito de contacto em actividade, vê-se que cada elemento é coberto de uma camada viscosa. Se esta é retirada, depressa sécca, formando uma geleia consistente que pôde ser cortada á navalha. Ao microscopio vê-se-ão n'esta geleia massas de bacterias e zoogleias. Se a geleia é collocada em um tubo contendo ar em relação com um manometro, absorverá todo o oxygeneo, produzindo  $\text{CO}_2$ ; esta acção algumas vezes produz um vacuo de varios centimetros de mercurio. Pouca necessidade ha, porém, de forçar o ar para o interior do leito, porque as trocas naturaes entre os gazes asseguram um arejamento sufficiente; ha sempre, no fundo dos leitos em boas condições, uma grande quantidade de oxygeneo. Da geleia bacteriana parece depender, em grande parte, o bom funcionamento dos leitos. Quando se fazem funcionar estes muito rapidamente, isto é, enchendo-os frequentemente nas 24 horas, sem longos periodos de arejamento, o effluente pôde permanecer aceitavel, mas o desenvolvimento das bacterias e da camada gelatinosa é por tal modo activo e intenso que

o leito torna-se esponjoso em excesso, não permitindo que a agua se escoe d'elle facilmente. N'isto está a explicação do facto de que, dentro de certos limites, a diminuição da capacidade é acompanhada pelo augmento de efficiencia».

«Mas esta diminuição da capacidade pôde tornar-se tão grande que não seja compensada pela vantagem do augmento da efficiencia. N'esse caso, deve-se permittir ao leito esvaziado um periodo longo (uma ou duas semanas) de repouso. Os periodos de repouso não excederão quinze dias em caso algum, porque o leito tenderia a seccar-se em extremo, com diminuição da actividade dos germens. Mas é importante notar que se deve evitar que seja excessiva a diminuição da capacidade produzida até ao periodo de repouso, porque d'outra fórma não será possível durante este recuperar completamente a capacidade perdida».

#### d) Excessivo volume do liquido tratado no leito

É claro que, apenas por razões physicas, a capacidade util de um leito de contacto será até certo ponto influenciada pelo volume do liquido actualmente tratado.

Suppondo que, por exemplo, dois leitos exactamente eguaes cheios de material do mesmo tamanho e onde o desenvolvimento biologico se não produziu ainda são alimentados com agua pura, soffrendo um oito enchimentos diarios e o outro sómente dois, o primeiro, se bem que, absolutamente fallando, não perca da sua capacidade, aceitará a cada enchimento menos agua do que o segundo, em virtude do tempo menor que lhe é dado para assegurar a sua drenagem entre cada dois enchimentos.

N'este exemplo suppozemos leitos de material limpo, ainda não revestido de materias suspensas ou de geleia bacteriana; n'essas condições, a agua retida por simples attracção capillar não produzirá uma grande baixa na capacidade disponivel

para o liquido do seguinte enchimento. Mas, no caso de leitos já em actividade plena, de materiaes revestidos da camada viscosa e de materias suspensas formando como que substancia esponjosa, a quantidade de liquido retido pôde tornar-se importante, se os volumes de liquido relativamente ao do material são muito grandes e se, portanto, tendo que ser muito frequentes os enchimentos, os periodos de arejamento não são sufficientemente longos para permittirem um escoamento satisfactorio.

e) **Drenagem defeituosa**

Quando a drenagem do leito não seja convenientemente feita, o liquido de um enchimento não se escoará completamente durante o tempo que para isso é concedido e portanto a capacidade util para o enchimento seguinte soffrerá. Far-se-á, pois, sempre uma drenagem boa.

f) **Falta de periodos de descanso**

Se um leito se deixa em descanso, esvaziado, sem funcionar durante um periodo de alguns dias, é sabido que a sua capacidade util para o liquido augmenta; dois exemplos da *Royal Commission* porão o facto em evidencia:

Em Leeds, o leito primario, começando a tratar agua de esgoto bruta em 2 de outubro de 1897 com uma capacidade util de  $377\text{m}^3$ , tinha essa capacidade reduzida a  $204\text{m}^3$  em 2 de fevereiro de 1898. Um periodo de descanso de quinze dias levou a capacidade a  $254\text{m}^3$ , isto é, fez-lhe recuperar  $50\text{m}^3$ .

Em Hampton, um leito primario, começando a funcionar no principio de 1899 com uma capacidade util de  $197\text{m}^3$ , tinha esta em 3 de fevereiro de 1903 reduzida a sómente  $39\text{m}^3$ . Mas um periodo de descanso de quinze dias levantou a capacidade a  $58\text{m}^3$ .

Este ganho da capacidade util pelo facto de periodos de descanso é geralmente e de ha muito considerada como dependendo da digestão biologica da materia suspensa, adherida aos materiaes de enchimento. Ora isso só em parte é verdade: parece hoje provado que esse ganho de capacidade, se até certo ponto deriva directamente da digestão biologica, só toma na sua maior parte uma origem indirecta n'essa causa. Com effeito, a digestão contribue para tornar menos esponjosa e mais granulosa a camada que reveste os materiaes, que assim passam a reter menos liquido: o Coronel HARDING e HARRISON, em Leeds, mostraram que o deposito que diminuia a capacidade util n'um leito primario de contacto continha cêrca de 90% de agua.

Note-se, porém, desde já, que o ganho de capacidade obtido pelo descanso de um leito é, geralmente, apenas temporario. Com effeito, com um repouso de quinze dias, por exemplo, pouco mais se consegue do que a perda de character esponjoso das camadas que revestem os materiaes e o escoamento do liquido que por ellas era retido; logo que se volta a encher o leito as ditas camadas recuperam o character esponjoso rapidamente. Um descanso mais longo levaria a uma real oxydação da materia, que tomaria um aspecto granuloso definitivo com um augmento persistente da capacidade util; mas não só não é pratico o dispôr de grandes espaços de tempo para descanso, mas tambem pôde isso ser inconveniente, levando á perda da actividade biologica do leito. Portanto devem-se dar a um leito descansos periodicos bastante repetidos para que não seja necessario que estes periodos tenham uma muito longa duração.

#### g) Deposito de materias colloidaes

Ainda não está bem esclarecido até onde pôde ir o papel das materias colloides na diminuição da capacidade util de um leito. A *Royal Commission* é comtudo de opinião que, em

certos casos, esse papel é importante. FOWLER, em Manchester, OWEN TRAVIS em Hampton, O'SHANGHNESSY e KINNERSLEY em Birmingham, dedicam-se ao estudo das materias colloides, de que já em varios pontos nos temos occupado. Muito do que ha a dizer sobre ellas é o que se pôde dizer a respeito das materias suspensas e, como para estas tambem, o verdadeiro remedio para impedir as materias colloides de baixarem a capacidade util de um leito é evitar tanto quanto possivel, por um tratamento preliminar bem feito, que essas materias affluam aos leitos.

#### h) Insolubilização de materias dissolvidas no effluente

Isto acontece frequentemente no caso de se tratarem aguas de esgoto ricas de saes de ferro. Convém, pois, excluir dos leitos e tratar separadamente os liquidos residuaes com materias ferruginosas ou outras que apresentem a mesma propriedade de se insolubilizarem nos leitos bacterianos.

#### i) Materias suspensas no liquido affluente aos leitos

##### α) Impermeabilização e perda da capacidade dos leitos pelas materias suspensas no liquido affluente

Da existencia de quantidades importantes de materias suspensas no liquido que é lançado aos leitos, resulta um, pelo menos, dos dois inconvenientes seguintes:

Nos leitos cujos materiaes superficiaes são finos, a retenção das materias não dissolvidas fórma uma camada superior que depressa se torna impermeavel impedindo a passagem do liquido e o arejamento do leito(1); então o leito funciona mal

---

(1) ROUCHY nos seus leitos de contacto de Asnières, em que tratava agua de esgoto bruta, tinha ao fim de dois mezes uma entrelaçado de

e o effluente deixa de apresentar uma depuração sensível; torna-se necessario fazer revolvimentos superficiaes ou renovar mesmo as camadas superiores de material impermeabilizadas.

No caso contrario, em que os materiaes superficiaes são bastante volumosos para permittirem uma mais facil penetração das materias no corpo do leito, acontece que a lama, se bem que sempre mais abundante nas camadas superiores, chega a attingir os drenos, accumulando-se, em toda a altura do leito, nas paredes dos alveolos que os materiaes deixam entre si, levando assim a uma rapida perda da sua capacidade util original. É então mesmo o acceso da materia suspensa ao corpo do leito a causa mais notavel d'esta perda. Assim, em Sutton, ao passo que a capacidade util dos leitos de material fino se mantinha quasi constante ao fim de tres annos, a dos leitos de material grosseiro baixava de 32 para 19 % da capacidade geometrica, ao fim do mesmo tempo.

Comprehende-se que o material quanto mais fino seja tanta mais lama retenha. Mas, independentemente das dimensões dos elementos do material, a natureza d'este influe ainda sobre a quantidade de lama retida. DUNBAR, empregando leitos de materiaes de natureza differente, mas de elementos de dimensões eguaes (3 a 7<sup>mm</sup>) dispostos da mesma fórma, verifica que por cada m<sup>3</sup> de material e com o mesmo liquido, ao passo que as escorias reteem 82<sup>l</sup>,2 de lamas, a pedra pomes retem 56<sup>l</sup>,7, o carvão de madeira 80<sup>l</sup> e o negro animal 54<sup>l</sup>,4.

Mas, quando a materia suspensa logra penetrar no corpo

---

pellos, palhas, escrementos, fibras de madeira, fragmentos de papel, etc., semelhante ao que se fórma á superficie dos campos de irrigação. Ao fim de tres mezes, esse tecido tinha uma espessura de 3 a 4<sup>cm</sup> e era quasi impermeavel ao liquido, mas já antes d'isso o ar não penetrava bem. D'esta fórma, o leito, tornado em fossa septica, dava um effluente acinzentado quasi negro, mal cheiroso e rico em ammoniaco. Apesar de tudo, os materiaes da superficie não eram tão finos que não permitissem a passagem, para o interior do leito, de uma parte das materias suspensas, com a concomitante perda de capacidade que d'ahi fatalmente advem.

do leite, a perda da capacidade d'este varia principalmente na razão directa da proporção de materia suspensa existente na agua de esgoto que está sendo tratada. É o que se vê no seguinte quadro, referido a leitos primarios de material de dimensões medias tratando effluentes septicos.

Logar	Materia suspensa no liquido tratado, em mgr. por litro	Edade dos leitos, em mezes	Enchimentos diarios, em media	Numero total de m <sup>3</sup> tratados	Perda de capacidade, em m <sup>3</sup>	Perda de capacidade por mil m <sup>3</sup> tratados, em m <sup>3</sup>
Guildford....	159	41	2	1.016.835	494	0,485
Exeter (instalação principal) .....	125	37	1,62	9.341.436	3411	0,365
Andover .....	111	38	1,2	436.176	361	0,827
Exeter (instalação velha)	82	109	1,64	891.434	180	0,201
Slaithwaite...	71	84	2	1.027.739	153	0,149

Se exceptuarmos Andover, vemos que a perda de capacidade mantem uma certa relação directa com a quantidade de materia suspensa do affluente aos leitos. A grande perda de capacidade em Andover foi em parte consideravel devida á desintegração do material.

Os leitos primarios soffrem sempre uma maior perda do que os secundarios, o que deve ser principalmente devido a que estes recebem menos materias suspensas (e colloides) no affluente do que aquelles (*Royal Commission*).

Mais adiante, a proposito dos tratamentos preliminares do liquido lançado aos leitos de contacto, voltaremos a vêr qual a influencia das quantidades de materia suspensa sobre a perda de capacidade.

Notemos ainda que quanto mais repetidos forem os enchimentos tanto mais rapida será a impermeabilização dos leitos ou a sua perda de capacidade, mesmo na parte devida propriamente ao deposito de materia suspensa. DUNBAR e THUMM,

tratando agua de esgoto apenas liberta de solidos fluctuantes, viam ao fim de 700 dias, fazendo 1 enchimento diario com 4 horas de plenitude e 20 de arejamento, a capacidade util original de um dos seus leitos formados de escorias de 3 a 7<sup>mm</sup> baixar de 33 0/0 a 19,9 0/0 da capacidade geometrica total e a capacidade util de outro leito, ao fim de 4 mezes com 2 enchimentos diarios, descer de 40 0/0 para 14 0/0 da capacidade geometrica ou total do leito. Depois de 725 enchimentos do leito de um enchimento diario, extrahiram-se d'elle lamas equivalentes a 1<sup>l</sup>,33 por cada m<sup>3</sup> de agua de esgoto tratada, e do leito de 2 enchimentos diarios lamas correspondentes a 1<sup>l</sup>,66 por m<sup>3</sup> de liquido tratado.

β) Caracteres das lamas accumuladas nos leitos de contacto

As lamas retiradas dos leitos de contacto são sempre ricas em bacterias: por cada gramma das lamas dos leitos de Barking, CLOWES encontra 1.800.000 bacterias e mais *B. enteritidis sporogenes* do que na agua de esgoto bruta; o bacillo da tuberculose tambem parece existir n'ellas.

Fazendo o exame microscopico do deposito escuro dos leitos primarios de Hampton, RIDEAL encontrava em junho de 1900: numerosas anguillula e amibas, alguns rotiferos, infusorios, flagelados, casulos de larvas aquaticas, pedaços de insectos, cabellos animaes (talvez humanos), fragmentos de fibras musculares, diatomaceas, restos vegetaes, fragmentos de madeira, nervuras de folhas, vasos espiralados, hastes de herva e palha, grande quantidade de materias de côr castanha de aspecto humico, fragmentos de coke, areia, carbonato de calcio em crystaes, etc.

A analyse chimica d'essas lamas dava: agua 7,18 0/0, substancia mineral 48,37 0/0, materia organica 44,45 0/0. Os 48,37 de materia mineral compunham-se de 17 de oxydo de ferro e saes mineraes, 4,18 de coke e 27,19 de materia siliciosa. O azoté total em 100 partes de lama representava 4,788 partes,

e em 100 de materia organica 10,79; o azote organico correspondia a 3,058 % da lama e a 7,12 % da materia organica; o ammoniaco combinado a 1,73 % da lama. A materia organica era muito semelhante á das lamas do *septic-tank*.

γ) Meios de fazer recuperar a um leito a capacidade util diminuida pelos depositos de materia suspensa

Quando a lama entra no corpo do leito tirando-lhe uma parte importante da sua capacidade util, é preciso tratar de fazer desaparecer essa materia.

Um periodo de descanso, ou antes de arejamento, mais ou menos prolongado, permittindo a oxydação de parte das materias solidas depostas nos materiaes, póde dar logar a que o leito recupere até um certo ponto a capacidade perdida.

Mas, além de que o tempo assim gasto póde fazer falta, a capacidade volta a diminuir rapidamente, pelas razões que atraz já expuzemos: Em Leeds, em 1898, tendo-se obtido ao fim de 38 dias de arejamento uma capacidade util de 256<sup>m<sup>3</sup></sup>,7, esta depois de 15 dias de funcionamento descia a 208<sup>m<sup>3</sup></sup>. N'este caso o tempo de descanso era bastante longo para que se possa suppôr que o augmento de capacidade seria devido não só a diminuição do character esponjoso do revestimento do material, com consequente sahida de liquido até ahi retido, mas tambem a uma verdadeira digestão da materia solida. Mas por ventura aconteceria tambem que o arejamento continuado, tendo morto os germens liquefacientes anærobios, que até um certo ponto faziam d'este leito uma fossa septica, ainda que má, permittisse ulteriormente a accumulção de lamas mais rapida ainda do que anteriormente (RIDEAL).

Além d'isso é de notar que ha materias que os periodos de descanso, mesmo com prolongado arejamento, não conseguem fazer desaparecer. CLOWES e HOUSTON no seu relatorio de 9

de agosto de 1898 mostravam que a capacidade util de um leito de coque de 1<sup>m</sup>,22 de fundo passava ao fim de 10 mezes de 50 % para 33 % da capacidade total, em resultado da accumulção não só de particulas de coque, grãos de areia, diatomaceas, fibras de lã e algodão, mas tambem e principalmente de pedaços de palha provenientes de estrumes e de fibras de madeira provenientes do gasto do pavimento das ruas; sobre estas ultimas substancias vegetaes não tinha acção o arejamento, por prolongado que fosse. Um leito de 3<sup>m</sup>,96 de fundo perdia, com um deposito d'aquella natureza, 1 % da sua capacidade util por semana (Relatorio de 4 de outubro de 1899).

Para libertar os leitos d'estas lamas empregou-se e emprega-se ainda actualmente algumas vezes, principalmente em Inglaterra, a lavagem por meio de uma corrente de agua que se faz passar no leito de baixo para cima; mas desde logo se deixa vêr que, a menos de grande violencia da corrente, perniciosa para a vitalidade das bacterias, a expulsão das materias depositas não será facil.

Mais incommodo e dispendioso é ainda o meio de que se terá de lançar mão quando os precedentes falham e que consiste em retirar o material e laval-o fóra do leito por grandes jórros de liquido. Ha assim grande gasto de tempo e prejuizo para a nitrificação pela destruição que os germens soffrem. Além d'isso produz-se sempre uma certa desintegração de material com perda que em Inglaterra é de 20 a 29 % por cada lavagem, mas que para as escorias seria, segundo as experiencias de DUNBAR, de 9,4 %; torna-se pois necessario fazer a substituição do material perdido (1) por material novo.

Em certos casos, porém, esta lavagem é pratica economica e preferivel a qualquer outra. A despesa depende das circums-

---

(1) A perda incide principalmente sobre os elementos finos, cuja proporção em relação aos grosseiros diminue d'esta fórmula. O material que fica é em geral resistente e duradouro.

tancias locais. Em Leeds o preço da operação, compreendendo a extracção do material, a sua lavagem por machinas, a separação do material desintegrado, a substituição do material rejeitado (cêrca de 10<sup>0/a</sup>) e o enchimento do leito, é de 295 réis por m<sup>3</sup> de material. A operação total em Manchester, com a utilização de machinas, custa 442,5 réis por m<sup>3</sup> de material. Em Leeds a lavagem, com trabalho manual, custa 730 réis por m<sup>3</sup>. Em Huddersfield o custo da lavagem é muito elevado: 15327,5 réis por m<sup>3</sup>.

Para evitar ter de recorrer a estes meios e obstar tanto quanto possível á perda de capacidade, pôde-se e deve-se collocar á superficie do leito material mais fino e delicado (1), se bem que então vamos cahir no caso do inconveniente apontado atraz, da impermeabilização á agua e ao ar.

D'esta fórma, repetindo frequentemente as raspagens e revolvimentos da superficie e de longe a longe os periodos de arejamento prolongado, deixando que um mal se produza para em parte evitar outro maior, os leitos poderão funcionar mais tempo, sempre porém em más condições enquanto se faça o tratamento de liquidos muito ricos em materias suspensas.

2) Meios de impedir a impermeabilização e a perda de capacidade pelas materias suspensas. Tratamento preliminar do liquido

Para evitar a impermeabilização dos leitos e a perda da sua capacidade util, o meio verdadeiro é, como muito bem se comprehende, a suppressão das materias suspensas no liquido que afflue aos leitos. Esta suppressão completa é difficil de conseguir, mas pela applicação bem feita de um dos processos preliminares já descriptos consegue-se pelo menos uma grande reducção na quantidade de materia suspensa do liquido.

---

(1) Mas não muito fino, tal como a areia, que impeça desde logo a facil penetração do ar e demore a absorpção do liquido.

Quando se estabeleceram em Inglaterra os leitos bacterianos, muitas installações tratavam previamente a agua de esgoto por precipitantes chimicos, como em Barking acontecia e como DIBBIN preconizava em Sutton. A grande quantidade de lamas obtidas levou á adopção de processos physicos de sedimentação ou do uso de apparatus mecanicos; mas é claro que a redução nas materias suspensas do liquido quanto mais longe ia tanto maior quantidade de lamas produzia; de resto, geralmente, nos effluentes obtidos as materias suspensas eram ainda em quantidade consideravel. O emprego de filtros grosseiros foi tambem tentado; mas as materias suspensas não eram retidas no grau desejado: DUNBAR fazia passar a agua de esgoto por um filtro grosseiro de coke de 10 a 30<sup>mm</sup>, antes de a lançar n'um leito de contacto de coke de elementos de 3 a 7<sup>mm</sup>; apesar d'isso, com 2 enchimentos diarios este leito ao fim de 550 enchimentos tinha a capacidade util reduzida de 351 litros a 250 litros por m<sup>3</sup> de capacidade total.

Em 1895, CAMERON apresentava o seu *septic-tank*, como disposição previa para tratar os liquidos destinados aos leitos bacterianos. Já sabemos que se esperou que a fermentação septica não só tornaria o liquido mais facilmente oxydavel, como tambem permittiria a realização da grande aspiração «*no more sludge*»; viu-se no emprego da fossa de CAMERON o meio de conseguir a dissolução facil das materias cellulasicas, que tão nocivas são para o bom funcionamento do leito, pelas suas propriedades impermeabilizantes e pela perda persistente de capacidade que originam. Os resultados colhidos em Exeter foram satisfactorios; os leitos precedidos pelas fossas septicas só de longe a longe precisavam de uma ou duas semanas de repouso para recuperarem a capacidade perdida. Por isso o uso das fossas septicas generalizou-se bastante e estendeu-se a muitas installações importantes e bem dirigidas. O relatorio de Manchester de 1900 recommendava-as, depois de se ter tornado evidente que as principaes difficuldades levantadas pelo mau funcionamento dos leitos de contacto eram devidas a estes serem usados como simples filtros gros-

seiros, nos casos em que se não praticava o tratamento preliminar.

CALMETTE em Madeleine, utilizando as fossas septicas como tratamento preliminar, verifica que a capacidade util dos leitos, que era primitivamente de  $69^{\text{m}^3}$ , é ainda ao fim de um anno de  $67^{\text{m}^3},868$ ; não se déra, de resto, a impermeabilização das camadas superficiaes e por isso não fôra mister fazer revolvimentos ou raspagens; este autor calcula que antes de cinco ou seis annos de funcionamento a lavagem ou a renovação do material das camadas superiores do leito não serão exigidas.

Já me referi ao que ha de exaggerado em usar systematicamente a fossa septica, com exclusão dos processos de sedimentação e de precipitação chimica, no tratamento preliminar da agua de esgoto. O leitor encontra esse assumpto desenvolvido no logar competente. Aqui simplesmente lembrarei que a escolha de cada um d'esses processos depende, em grande parte, das circumstancias e do grau de pobreza em materia suspensa que se quer conseguir, não esquecendo que é a precipitação chimica o processo que dá os effluentes em que essa materia (e a colloide) existe em menor quantidade.

O quinto relatorio da *Royal Commission* afirma que nenhuma regra pôde ser dada para indicar qual o grau a que a redução da riqueza d'um liquido em materia suspensa deve ser levada antes do tratamento nos leitos bacterianos. Mas, de um modo geral, intênde que, se o material dos leitos é fino, será mais conveniente e economico adoptar o tratamento preliminar que dê um effluente bastante pobre em solidos não dissolvidos; ao contrario, se o material do leito é grosseiro, as materias suspensas podem ser em maior quantidade no liquido affluente.

Assim, por exemplo:

1.º Em leitos de contacto de um material grosseiro de elementos de  $76^{\text{mm}}$  ou maiores: Uma agua de esgoto liberta

das suas areias e detritos minerais mais pesados e contendo 200 a 300 mgr. de materia suspensa por litro póde ser tratada á razão de 1 a  $1\frac{1}{2}$  enchimentos diarios (cerca de 178<sup>l</sup> a 237<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto) (1); se a agua de esgoto contém 300 a 500 mgr. de materia suspensa por litro não se deverá fazer mais de um enchimento por dia (cerca de 178<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto). Em qualquer dos casos o material dos leitos terá de ser lavado todos os 18 mezes ou 2 annos. Se para leitos de segundo contacto se usa material de tamanho medio, este terá provavelmente que ser lavado todos os 4 ou 6 annos.

2.º Em leitos de material de elementos medios, de 12<sup>mm</sup>,7 a 25<sup>mm</sup>,4 de diametro: Um effluente de tratamento preliminar que contenha 100 a 150 mgr. de materia suspensa por litro póde ser tratado á razão de 2 enchimentos diarios (cerca de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou 594<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para um só contacto), mas o material terá que ser cuidadosamente lavado ou renovado todos os 3 ou 5 annos; se o liquido lançado aos leitos só contém 40 a 70 mgr. de materia suspensa por litro, póde ser tratado á razão de 3 (cerca de 475<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para um só contacto) ou mesmo 4 enchimentos diarios e os leitos provavelmente terão de ser lavados todos os 4 ou 5 annos; em qualquer dos casos o material dos leitos secundarios não precisará ser lavado antes de 7 ou 8 annos. Se o liquido effluente do tratamento preliminar só contém 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro, poderá ser tratado á razão de 4 a 6 enchimentos diarios (cerca de 594<sup>l</sup> a 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto) (2) e o material póde não necessitar lavagem antes de 6 ou 8

---

(1) Estes parenthesis serão mais facilmente comprehendidos depois da leitura de pags. 399-401 que teem ligação com o que aqui fica exposto.

(2) Com leitos vastos este funcionamento com tantos enchimentos diarios só poderá ser praticado durante periodos curtos, provavelmente.

annos ou mais. Os leitos secundarios durarão provavelmente 12 a 15 annos.

3.º Se os leitos são de material fino, de elementos de 6<sup>mm</sup>,35 de diametro, não se deve tentar lançar-lhes liquidos que contenhão mais de 40 a 50 mgr. de materia suspensa por litro. Um bom effluente de tratamento preliminar, contendo apenas 10 a 40 mgr. de materia suspensa por litro, poderá ser tratado á razão de 4 a 6 enchimentos diarios (cêrca de 594<sup>l</sup> a 950<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e dia para duplo contacto ou de 1188<sup>l</sup> a 1800<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material e por dia para um só contacto) e o material provavelmente não terá de ser lavado antes de 6 ou 8 annos. As partes superficiaes do material do leito de segundo contacto serão lavadas só depois de 12 ou 15 annos de funcçãoamento.

Deve ser dito que na realidade, mesmo com o uso do melhor processo de tratamento preliminar e com o desapparecimento completo da materia suspensa, ao fim de um certo tempo serão necessarios os periodos de arejamento ou revolvimentos superficiaes, ou mesmo a lavagem e o renovamento do material, porque ficam de pé as outras causas de perda de capacidade. DUNBAR verifica que ao fim de 4 mezes de funcçãoamento de leitos de coke identicos as perdas de capacidade util eram de 22,4 0/0, de 18,2 0/0, de 21,1 0/0 e de 16,1 0/0, quando os liquidos eram respectivamente agua de esgoto, agua de esgoto filtrada, urina diluida e *agua commum*.

Notemos que a questão de saber qual é mais economico — se lavar ou renovar frequentemente o material dos leitos de contacto, se remover a maior quantidade possivel de materias suspensas do liquido, antes de lançado aos leitos, renovando ou lavando o material d'estes menos vezes — depende, antes de mais nada, das circumstancias locaes (*Royal Commission*).

## e) Os leitos de lousa e as materias suspensas no liquido affluente

É occasião de fazer notar que com os leitos de telha ou lousa de DIBDIN o tratamento previo para retirar as materias suspensas do liquido parece ser dispensavel, para agua de esgoto não muito concentrada e liberta dos seus solidos fluctuantes e detricos pesados. Nos leitos de ardosa (usados como primarios) de Devises, a capacidade util, originalmente de 82 % da capacidade total, mantem-se sempre muito elevada. Mesmo com 2 ou 3 enchimentos diarios com liquido contendo 2<sup>gr.</sup>,85 de materia suspensa por litro não desce abaixo de 50 % da capacidade total; e, então, a passagem de uma forte corrente de agua póde fazer voltar a capacidade util a 64 % ou até aos primitivos 82 % da capacidade total; n'estes leitos, comprehende se bem, a lavagem não faz desintegrar o material, compacto e resistente. Em High Combe obteem-se resultados identicos com agua de esgoto simplesmente decantada dos seus solidos mineraes pesados.

Estes leitos reteem muito bem as materias suspensas (1); o seu effluente é ou tratado pelo solo ou passado a um leito não submersivel.

Quando se utilizem os leitos de lousa poder-se-á supprimir o tratamento previo por sedimentação ou por precipitação com as suas lamas abundantes, ou por fossa septica com as suas emanções putridas e mais inconvenientes. Lembremos, porém, que o preço dos materiaes para estes leitos é muito elevado.

---

(1) Nos depositos d'estes leitos as bacterias seriam em numero de 3.000.000:000 por c. e.

8) Quantidade de liquido residual que pôde ser tratada diariamente por  $m^3$  de material nos leitos de contacto

A quantidade de agua residual que pôde ser tratada por unidade de volume do material depende principalmente da concentração do liquido sujo, da sua riqueza em materias suspensas, das dimensões do material do leito e do grau de depuração que para o effluente se quer obter.

Já mostrámos a pags. 395-397 a influencia que as materias suspensas do liquido a tratar e as dimensões dos elementos do material do leito tem sobre o numero de enchimentos, dando entre parenthesis o volume de liquido que em cada caso corresponde a cada  $m^3$  de material, por dia.

Vejamus aqui, mais especialmente, a influencia da concentração. Os estudos da *Royal Commission* levam ás seguintes conclusões:

Para o tratamento capaz de dar um effluente razoavel ou bom á custa de uma agua de esgoto bruta ou só ligeiramente sedimentada, será sempre necessario um duplo contacto. O volume de liquido capaz de ser tratado n'estas condições, n'um leito primario de material grosseiro e n'um secundario de material fino, varia quasi inversamente com a concentração; exemplo: uma agua de esgoto de concentração de 1.640 (dada pela primeira formula de Mc. GOWAN, referida a mgr. por litro e não a partes por 100.000) poderá ser tratada na dose equivalente a 142<sup>1</sup>,6(1) por  $m^3$  de material dos leitos por dia

---

(1) Esta quantidade de liquido é achada dividindo a quantidade total de liquido tratado diariamente pelo numero total de  $m^3$  de mate-

(menos de 1 enchimento diario); uma agua residual de concentração de 600 poderá ser tratada na dose de 344<sup>l</sup>,7 por m<sup>3</sup> de material, por dia (um pouco mais de 2 enchimentos diarios).

Para tratamento de um effluente de fossa de sedimentação ou septica, de modo a obter-se um razoavel resultado, poderá bastar um contacto apenas, quando o liquido tratado seja de fraca concentração, e fino o material do leito. Um effluente de fossa com uma concentração de 300 a 500 e contendo de 60 a 80 mgr. de materias suspensas por litro poderá ser tratado á razão de 594<sup>l</sup> (2 enchimentos por dia) a 891<sup>l</sup> (quasi 3 enchimentos por dia) por m<sup>3</sup> de material, por dia.

Mas, como regra, os effluentes de fossas septicas ou de fossas de sedimentação serão demasiado concentrados para que não necessitem de, pelo menos, dois contactos.

O volume de effluente septico ou de fossa de sedimentação que pôde ser tratado por duplo contacto varia quasi inversamente com a concentração do liquido. Quando os leitos primarios são de material medio a fino, um effluente de fossa de concentração de 900 pôde ser tratado por duplo contacto á razão de 297<sup>l</sup> por m<sup>3</sup> de material (2 enchimentos diarios); um effluente de concentração de 700 á razão de 416<sup>l</sup> (menos de 3 enchimentos diarios) e um effluente fraco, de concentração de 400, á razão de 594<sup>l</sup> (4 enchimentos diarios).

Uma agua de esgoto não muito concentrada pôde dar um effluente de precipitação chimica capaz de fornecer um liquido sufficientemente depurado por um só contacto. O effluente de

---

rial existente nos dois leitos a que successivamente é lançada a mesma porção de liquido. Se nos referissemos a um só leito é claro que a quantidade de liquido tratada equivaleria ao duplo, isto é, a 285<sup>l</sup>,2 por m<sup>3</sup> de material. Cousa semelhante se dirá para os outros casos em que se falla de duplo contacto.

precipitação de Kingston-on-Thames, muito clarificado e de uma concentração de 500 foi tratado durante mais de 6 annos em um leito experimental de coke de tamanho medio a grande á razão de 1485,75 por m<sup>3</sup> de material e dia (4 enchimentos), dando um liquido bem depurado. Um liquido precipitado mais diluido e egualmente bem clarificado póde ser tratado mesmo em maior proporções, mas é duvidoso que durante muito tempo se possam continuar fazendo mais de 4 enchimentos diarios.

Quando, porém, o effluente da fossa de precipitação seja concentrado, não bastará um só contacto; far-se-ão dois.

A Commissão Real Inglesa não tem experiencia larga ácerca do tratamento de effluentes de precipitação chimica em leitos de duplo contacto. Comtudo calcula que este modo de tratamento poderá dar para effluentes de precipitação de aguas de esgoto muito concentradas tão bons resultados como o simples contacto para os effluentes de precipitação de concentração fraca ou media. Com um effluente de precipitação de concentração de 1.000 poderão fazer-se 2 a 2 1/2 enchimentos por dia; com um liquido precipitado de concentração de 750 poder-se-ão fazer 3 a 3 1/2 enchimentos diarios.

#### 9) Superfície occupada pelos leitos. Dose de liquido tratada por unidade de superfície

Calculada a capacidade util que os materiaes escolhidos consentem e o numero de enchimentos e o dos contactos que para a depuração de um certo liquido parecem indicados, ou, mais simplesmente, calculada a quantidade de liquido residual que se poderá tratar por m<sup>3</sup> de material dos leitos, diariamente, basta ter estabelecida a altura a dar ao material no leito para determinar qual a quantidade de agua de esgoto que

diariamente será tratada por unidade de superficie e qual a superficie total exigida para os leitos.

Assim, se applicarmos as hypotheses feitas atraz a leitos cujo material occupe uma altura de 1<sup>m</sup>, é evidente que os numeros apresentados como indicando os litros de liquido tratados diariamente por m<sup>3</sup> de material serão os mesmos que indicam os litros tratados diariamente por m<sup>2</sup> de superficie dos leitos. Variam esses numeros com varias circumstancias, como sabemos.

A pratica mostra que, com leitos bem dispostos, 1<sup>m</sup><sup>2</sup> a 1<sup>m</sup><sup>2</sup>,5 por cada contacto chega facilmente para o tratamento de um m<sup>3</sup> de liquido residual.

Acceitemos as condições medias de uma agua de esgoto sedimentada ou passada por fossa septica, susceptivel de dar 3 enchimentos diarios, e vêr-se-á que não andaremos longe do que CALMETTE afirma — que para uma installação destinada a depurar 10.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios (correspondendo a uma população de 100.000 habitantes) de um effluente septico, podem bastar 20.000<sup>m</sup><sup>2</sup> de superficie para os leitos de duplo contacto (10.000<sup>m</sup><sup>2</sup> para cada contacto) de 1 metro de altura. N'um caso d'estes, se 1<sup>m</sup><sup>2</sup> basta para que 500 litros soffram 2 contactos (isto é, 1<sup>m</sup><sup>2</sup> por 1<sup>m</sup><sup>3</sup> de liquido por cada contacto) diariamente e se estes 2 contactos dão uma depuração sufficiente, vemos que as superficies exigidas com o methodo de tratamento por leitos submersiveis são pouco mais ou menos 45 vezes menores do que as necessarias para a irrigação cultural em terrenos como os de Paris (que consentem 11 litros por m<sup>2</sup> e dia), 160 vezes menores do que as necessarias para a irrigação cultural em terrenos como os de Berlim (que consentem 3 litros por m<sup>2</sup> e dia) e 4,5 a 5 vezes menores do que as necessarias para a filtração intensiva nos solos mais convenientes (que consentem 100 a 110 litros por m<sup>2</sup> e dia).

É claro que, se em vez de 3 enchimentos se fazem só 2 ou 1, as superficies necessarias para os leitos serão respectivamente  $\frac{3}{2}$  ou 3 vezes maiores do que as suppostas; pelo

contrario, serão menores se o numero de enchimentos aumenta; suppõe-se, evidentemente, que, em todo o caso, o numero de contactos é constante, e constante tambem a altura dos leitos.

Quando o numero de contactos fôr de 3 ou 4, é tambem claro que a superficie pedida será  $\frac{3}{2}$  ou 2 vezes maior do que a dada acima; se só houvesse 1 contacto, a superficie seria, pelo contrario, apenas metade da calculada; isto suppondo, evidentemente, que o numero de enchimentos não variava.

Notemos que, praticamente, as doses tratadas por unidade de superficie são frequentemente mais elevadas nos leitos do segundo contacto do que nos leitos de primeiro contacto. E isto não só porque, sendo a perda de capacidade util original menor nos leitos de segundo contacto, estes podem ser de menores dimensões do que os primeiros, mas tambem porque, em resultado do liquido affluente a elles ser muito menos conspurcado, os enchimentos dos leitos de segundo contacto podem ser mais numerosos do que os do primeiro.

#### 10) Influencia do frio sobre o funcionamento dos leitos bacterianos

O frio tem uma certa acção nociva sobre a marcha dos phenomenos depuradores. Se as camadas profundas do leito são pouco sensiveis ás variações de temperatura exterior, o mesmo não acontece já com as camadas superficiaes.

Tem-se visto em casos em que o thermometro baixa a entre  $-5^{\circ}$  e  $-8^{\circ}$  C., o liquido exposto durante as duas horas de plenitude do leito congelar-se n'uma espessura de 8 a 10 cm., inhibindo o leito de funcionar até ao proximo degelo. Porque isto se tem observado em Asnières (Paris), suspendem-se ahi modernamente as operações durante alguns dias de frios mais intensos (ROUCHY).

Esta congelação, comtudo, não se chega a dar na maior

parte das instalações francesas, inglesas e allemãs, por certo em muitos casos por virtude da utilização da fossa septica, que falta em Asnières, para tratamento preliminar do liquido residual. A fossa septica, com effeito, concorre muito mais para manter a agua de esgoto a uma temperatura relativamente elevada do que as fossas de sedimentação ou de precipitação chimica.

CALMETTE, na instalação de Madeleine, se bem que note a influencia nociva do frio, que faz que em janeiro e fevereiro a nitrificação seja menos importante do que em julho (no anno de 1904: durante o tempo frio 9-18 mgr. de nitratos por litro, durante o verão um maximo de 44 mgr. de nitratos por litro), nunca teve necessidade de interromper o funcionamento dos seus leitos de contacto precedidos por fossa septica, mesmo com temperaturas do ambiente de  $-8^{\circ}$  C. De 16 a 23 de janeiro de 1904 com  $-6^{\circ}$  C. de temperatura atmospherica, a temperatura do liquido no primeiro contacto era de  $+8^{\circ},4$  e no segundo contacto de  $+5^{\circ},8$ .

#### 11) Resultados obtidos pelo uso dos leitos de contacto

##### a) Sob o ponto de vista chimico

Antes de mais nada, quando da apreciação do grau da depuração de um effluente de leito bacteriano, torna-se necessaria a verificação de que este não está perdendo a sua capacidade util e de que, assim, a diminuição, no liquido tratado, das substancias complexas não é apenas devida a uma simples acção mecanica de retenção pelos materiaes, sem que os agentes microbianos intervenham ulteriormente. Se o leito funciona activamente, com effeito, a desappareição das materias organicas deverá ser acompanhada do apparecimento, no liquido, de outros compostos mais simples que testemunham o trabalho dos microbios.

Mas é bom não esquecer que os germens, n'um leito cujo funcionamento começa, só ao fim de algum tempo existem em quantidade e condições sufficientes para se manifestarem effi-  
cazmente.

Assim, por exemplo, acontece que o ammoniaco, começando a diminuir muito cedo no effluente, não é durante muitos dias compensado pelo apparecimento de nitratos correspondentes. Na installação experimental de Madeleine, os nitratos não appareceram durante as duas primeiras semanas de funcionamento nos effluentes de qualquer dos 2 contactos. A agua residual começou a ser tratada nos leitos em 15 de agosto de 1904, mas só a 1 de agosto os nitratos começaram a apparecer no effluente secundario; e no effluente primario só em outubro.

A razão d'estes factos é que ha uma fixação do ammoniaco a tempo em que os germens não estão ainda bastante desenvolvidos para manifestarem o seu poder oxydante.

A actividade microbiana maxima começa, segundo CALMETTE, depois de 40 dias. ROUCHY, semelhantemente, calcula em 7 semanas o tempo necessario para a maturidade dos leitos se produzir.

O grau de depuração chimica obtida varia, naturalmente, com a natureza das aguas de esgoto mais ou menos concentradas, com a existencia ou falta de um tratamento preliminar, com o numero de contactos e com o modo porque se fazem funcionar os leitos, com mais ou menos enchimentos diarios.

A occasião em que se recolhe a amostra para analysar, mais ou menos afastada do momento em que se inicia o esvaziamento, tem tambem uma importancia consideravel, em virtude da depuração variavel que soffre cada uma das differentes porções do liquido. Com effeito, já sabemos que as ultimas quantidades são muito mais depuradas do que as que inicialmente sahem dos leitos: é um dos maiores defeitos do methodo e d'elle me occuparei ainda. Mas desde já se conclue d'esse

facto a necessidade de, quando se queira formar uma idéa approximada do conjuncto da depuração, tomar a média dos resultados obtidos para as amostras recolhidas em momentos diferentes ou misturar todas as amostras antes de fazer a analyse.

D'um modo geral, feitas as reservas acima, vejamos os resultados fornecidos pelos leitos de contacto.

α) **Materias suspensas**

As materias suspensas são, em geral, consideravelmente reduzidas; a diminuição é, de muito, preponderante nos leitos de primeiro contacto; nos seguintes é relativamente insignificante.

Esta redução é naturalmente mais importante nos casos em que um previo tratamento em fossa septica não tem libertado o liquido de grande parte dos solidos em suspensão.

Em Sutton, ao fim de tres mezes de funcionamento, DIBDIN obtinha com o leito primario, grosseiro, de argilla cosida (*bacteria-tank*) uma redução de 95 %, que o leito secundario de coke fino levava a 99,6 % das materias suspensas da agua bruta. O mesmo autor, mais tarde, dando os resultados obtidos durante o anno de 1896-97, mostrava que os 857<sup>mgr.</sup>,6 de materias suspensas por litro de agua de esgoto bruta eram levados por leitos primarios de argilla a 51 (redução de 94 %) e com a seguinte passagem nos leitos secundarios de coke fino a 13,5, dando pois uma redução total de 98,4 % da qual só 4,4 % correspondiam aos leitos secundarios.

Em junho de 1899, RIDEAL, fazendo um exame dos resultados obtidos na mesma installação, encontra que os 609 mg. de solidos suspensos por litro de agua bruta passam para 183<sup>mgr.</sup>,5 (70 % de redução) no effluxo dos primeiros leitos e para 0 no dos segundos. CLOWES afirma tambem que a passagem pelos leitos de contacto retira facilmente do liquido a totalidade das materias suspensas. Os effluentes de leitos ter-

ciarios podem ser praticamente olhados como livres de solidos suspensos.

Vimos que os leitos primarios de DIBDIN, de lousas ou telhas, permitem, sem auxilio de qualquer tratamento preliminar, a desaparição das substancias não dissolvidas.

Pelo simples facto da retenção das materias suspensas no leito, ha já uma grande baixa no carbono e azote organicos da agua de esgoto tratada.

### β) Substancias dissolvidas

Os solidos em solução não soffrem redução ou augmento sensiveis, pelo facto da passagem pelos leitos de contacto. Com effeito, a parte das substancias suspensas que ahi se liquefaz, e que vem augmentar a riqueza das materias dissolvidas, é até certo ponto compensada pelas substancias que se libertam do liquido e perdem como gazes, principalmente nos leitos primarios. As analyses de RIDEAL, em Sutton (1899), mostraram-lhe que a quantidade total de solidos dissolvidos que na agua bruta era de 970<sup>mgr.</sup>,3 por litro descia para 881<sup>mgr.</sup>,9 no effluente primario, subindo no secundario até 949<sup>mgr.</sup>,6.

Oxygeneo consumido em 4 horas á custa do permanganato, a frio. — As substancias organicas dissolvidas postas em evidencia pelo oxygeneo consumido soffrem uma importante redução; mas aqui, ao contrario do que acontece com os solidos suspensos, esta redução não só se dá nos leitos primarios, mas é muito notavel tambem, e por vezes predominante, nos leitos secundarios e terciarios, quando os haja.

Em Barking, com o primitivo filtro de coke de 0<sup>hect.</sup>,4047 de superficie, as analyses feitas de 7 de abril a 9 de junho de 1894, mostraram a DIBDIN que o oxygeneo absorvido em 4 horas,

que no effluente da precipitação chimica era em media de 57 mgr. por litro, passava a 12<sup>mgr.</sup>,5 (reducção de 78,1 %).

O mesmo autor nas analyses dos liquidos obtidos depois dos 3 primeiros mezes de funcionamento dos leitos de Sutton via que a quantidade de oxygeneo consumido em 4 horas se reduzia depois da passagem no leito primario de argilla (*bacteria-tank*) de 66 %, e que essa reducção era levada no effluente dos leitos secundarios de coke a 86,5 %.

Nos relatorios de 1896-98 se vê que, n'estes mesmos leitos, os 64<sup>mgr.</sup>,9 de oxygeneo, em media, absorvidos em 4 horas por litro de agua de esgoto bruta desciam a 39<sup>mgr.</sup>,6 no effluente do leito de material grosseiro (53 % de reducção) e a 11<sup>mgr.</sup>,9 nos effluentes secundarios (reducção de mais 29 %) dando assim uma depuração total equivalente a 82 %.

Ainda para os mesmos leitos, em 1899, RIDEAL encontra que os 29<sup>mgr.</sup>,44 de oxygeneo consumido por litro do liquido a tratar desceram em eguaes quantidades dos effluentes primario e secundario a 14<sup>mgr.</sup>,81 e 8<sup>mgr.</sup>,15 (reducções de 50 % e 73 %).

Analysando os effluentes de leitos primarios, secundarios e terciarios de varios materiaes, DIBDIN e THUDICUM encontram ao fim de 5 semanas de uso, com 2 enchimentos por dia, as seguintes percentagens na depuração, sob o ponto de vista da reducção da quantidade de oxygeneo absorvido pela agua de esgoto em 4 horas (91<sup>mgr.</sup>,4 por litro):

Para leitos de areia ferrea carbonada em cada effluente, primario, secundario e terciario, respectivamente—46 %, 67 % e 81 %.

Para leitos de coke miudo — 44 %, 63 % e 68 %.

Para dois leitos de coke miudo, seguidos de um de areia — 44 %, 64 % e 91 %.

Para tres leitos de argilla cosida — 45 %, 68 % e 80 %.

Para tres leitos de carvão animal — 79 %, 85 % e 95 %.

Segundo as analyses de CLOWES, nos seus leitos a dimi-

nuição das materias putresciveis e oxydaveis dissolvidas era, em media, no leito primario de 49,9 % e de 19,3 % no secundario, obtendo-se assim uma redução total de 69,2 %. Esta redução nunca desceria abaixo de 51,3 %.

A percentagem de purificação achada em Exeter em 1897, por RIDEAL, apreciada pela redução da quantidade de oxygeno consumido, era de 82 %, referida á agua de esgoto bruta; d'estes 82 %, 29 pertenciam á acção da fossa septica e 53 ao leito bacteriano, o que mostra que este reduzia de 74,7 % o oxygeno consumido pelo effluente septico.

Segundo o relatorio de 1899 de Massachussets, a estada em fossa seguida de um unico contacto dava uma redução de 84,5 % no oxygeno consumido, dos quaes 43 % pertenciam á fossa; portanto redução de 73 % no effluente do leito, referida não já á agua bruta mas ao effluente da fossa septica.

Nas experiencias de Madeleine, em 1904-1905, CALMETTE encontra como medias annuaes, em mgr. por litro, para o oxygeno consumido em 4 horas: effluente da fossa septica 22,4; effluente do primeiro contacto 12,6 (redução de 44 % referida ao effluente da fossa); effluente do segundo contacto 9,2 (redução de 59 % referida ao effluente da fossa).

As medias geraes das analyses feitas na mesma installação de janeiro a maio de 1906 dão para o oxygeno consumido em 4 horas, em mgr. por litro: 21,55, 22,74, 13,27 e 9,57, respectivamente, para a agua bruta, o effluente da fossa, o effluente do primeiro contacto e o effluente do segundo contacto. Ha, portanto, para os effluentes dos dois contactos reduções de respectivamente 39 e 56 % referidas á agua bruta e de 42 e 58 % referidas ao effluente da fossa.

As medias de 1906-1907 para o oxygeno consumido em 4 horas pela agua de esgoto bruta de Madeleine, pelo effluente da fossa septica, pelo effluente do primeiro e pelo effluente do segundo contacto, são respectivamente, em mgr. por litro:

29,3, 26,5, 15,2 (redução de 43 % referida ao effluente da fossa) e 9,7 (redução de 64 % referida ao effluente da fossa).

Materia organica avaliada pelo permanganato decomposto, com ebulição durante 10<sup>m</sup>. — Na instalação da Madeleine em 1904-1905, a materia organica, expressa pela oxydabilidade em reacções alcalina e acida, descia em media de, respectivamente, 47<sup>mgr.</sup>,2 e 61<sup>mgr.</sup>,5 por litro do effluente da fossa septica para 27<sup>mgr.</sup>,75 (redução de 41 %) e 36<sup>mgr.</sup>,3 (redução de 42 %) em cada litro de effluente do primeiro contacto e para 20<sup>mgr.</sup>,3 (redução de 58 %) e 21<sup>mgr.</sup>,55 (redução de 66 %) em cada litro do effluente do segundo contacto.

Em janeiro-maio de 1906, a oxydabilidade media, respectivamente em soluções acida e alcalina, foi, em mgr. por litro, de 55 e 59,2 para a agua bruta, 59,3 e 61,2 para o effluente septico, 32,8 (redução de 41 % referida a agua bruta e de 45 % referida ao effluente septico) e 29,8 (redução de 50 % referida á agua de esgoto bruta e de 52 % referida ao effluente septico) para o effluente do primeiro contacto e 22,1 (redução de 60 % referida á agua bruta e de 63 % referida ao effluente septico) e 18,5 (redução de 69 % referida á agua bruta e de 70 % referida ao effluente da fossa) para o effluente do segundo contacto.

As medias annuaes de 1906-1907 em Madeleine dão para a redução da oxydabilidade em solução acida e em solução alcalina, em mgr. por litro, os seguintes numeros, respectivamente: 52 e 58 % para o primeiro contacto e 71 e 73 % para o segundo contacto, referindo a redução á agua bruta; referindo a redução ao effluente septico, os numeros são 43 % e 44 % para o primeiro e 65 % e 64 % para o segundo contacto.

Os effluentes do segundo contacto de Madeleine são ainda de oxydabilidade muito elevada. Isso resulta, segundo CALMETTE, da existencia de materias tinturaes complexas — indigo ou leuco-derivados das côres de anilina —, que os micro-

bios não destroem e que n'este caso particular são em grande abundancia. Em todo o caso estes effluentes são inoffensivos para o rio.

**Azote organico.** — Das analyses feitas em 1899, em Sutton, por RIDEAL, vê-se que o azote organico desce de 31<sup>mgr.</sup>,15 por litro de agua bruta para 15<sup>mgr.</sup>,16 e 3<sup>mgr.</sup>,72 por litro dos effluentes dos leitos do primeiro e do segundo contacto, respectivamente; reduções, portanto, correspondendo a 51 e 88 %.

CALMETTE obtem em 1904-1905 para o azote organico, expresso em NH<sub>3</sub>, uma media annual de 14<sup>mgr.</sup>,5, 11<sup>mgr.</sup> e 7<sup>mgr.</sup>,9 para os effluentes da fossa septica, do primeiro (redução de 25 %) e do segundo (redução de 46 %) contacto.

Para o mez de maio de 1906 obtem para o mesmo corpo uma redução de 21 % e de 44 % respectivamente nos effluentes do primeiro e do segundo contacto, em relação á agua bruta, e de 30 % e 57 % em relação ao effluente da fossa septica.

No anno de 1907 obtem no azote organico dissolvido uma redução de 5 % e 23 % referida á agua bruta e de 28 % e 42 % referida ao effluente da fossa (onde azote organico até ahí solido se dissolve).

**Azote albuminoide, ammoniaco albuminoide.** — No filtro de 0<sup>hect.</sup>,4047 de coke, de DIBDIN, em Barking, o ammoniaco albuminoide passava, em media, de 5<sup>mgr.</sup>,54 por litro, no effluente da precipitação chimica, para 1<sup>mgr.</sup>,50 por litro, no effluente do leito. Redução portanto de 72,93 %.

As analyses, em Sutton, dos leitos de DIBDIN em 1896-1897 mostram que o NH<sub>3</sub> albuminoide passava de 11<sup>mgr.</sup>,3 por litro, na agua bruta, para 6<sup>mgr.</sup>,0 e 3<sup>mgr.</sup>,16 por litro, nos effluentes do leito grosseiro de argilla e do leito secundario de coke, o

que dá uma purificação total de 72%, dos quaes 47 cabem ao primeiro e 25 ao segundo leito.

As experiencias de RIDEAL, em 1899, com os effluentes dos leitos da mesma installação, davam uma passagem, por cada litro, de 4<sup>mgr.</sup>,93 na agua bruta para 2<sup>mgr.</sup>,26 e 1<sup>mgr.</sup>,47 respectivamente no primeiro e no segundo effluentes dos leitos, ou reduções de 54 e 70%, no NH<sub>3</sub> albuminoide.

DIBDIN e THUDICUM, nos seus leitos de varios materiaes com 3 contactos, encontram, respectivamente para os effluentes primarios, secundarios e terciarios, as percentagens seguintes de redução no NH<sub>3</sub> albuminoide (7<sup>mgr.</sup>,40 por litro na agua bruta):

Com tres leitos de areia ferrea carbonada	13, 46 e 80%
Com tres leitos de coke miudo . . . . .	46, 22 e 68%
Com dois leitos de coke miudo seguidos	
de um de areia . . . . .	neg. <sup>va</sup> 39 e 88%
Com tres leitos de argilla cosida . . . . .	neg. <sup>va</sup> 51 e 80%
Com tres leitos de carvão animal . . . . .	7, 64 e 90%

Em Exeter, em 1899, RIDEAL encontra, depois de tratamento em fossa septica e de 1 contacto, 77% de diminuição no ammoniaco albuminoide da agua bruta, dos quaes 46 são devidos á fossa e 31 ao leito bacteriano; este, pois, reduz de 57,5% a quantidade existente no effluente da fossa septica.

O relatorio de 1899 de Massachussets dá em mgr. por litro, como media, de NH<sub>3</sub> albuminoide dissolvido na agua bruta, 4,7, que no effluente da fossa septica passam para 3,2 e no effluente do unico leito, de coke, para 1,04; portanto a redução total é de 87%, dos quaes 32 pertencem á fossa, quando com referencia á agua bruta; querendo só a redução devida ao leito e em relação ao effluente da fossa, temol-a igual a 67,5%.

Ammoníaco livre (ou salino). Azote ammoniacal. — A quantidade de azote ammoniacal diminue já bastante no primeiro contacto e continua a reduzir-se no segundo.

As analyses de DIBDIN para os effluentes dos leitos de Sutton, em 1896-1897, mostram que o  $\text{NH}_3$  livre passa, em mgr. por litro, de 125,3 na agua bruta a 38,5 e 12,5 respectivamente nos effluentes do *bacteria-tank* (primeiro contacto) e do leito de coke (segundo contacto). Ha pois uma redução total de 90% dos quaes 69 correspondem ao primeiro contacto e 21 ao segundo.

Os resultados obtidos por RIDEAL em junho de 1899 na mesma installação davam, em mgr. por litro, 30,07 para a agua bruta e 10,66 e 3,3, respectivamente, para os effluentes do primeiro e do segundo contacto; isto é, redução de 64,6% e de 89%, segundo se examina o effluente primario ou o secundario, sob o ponto de vista do  $\text{NH}_3$  livre.

DIBDIN e THUDICUM encontram, nas suas experiencias de triplíce contacto, as seguintes reduções nos 135<sup>mgr.</sup>,3 de  $\text{NH}_3$  livre por litro de agua bruta, respectivamente para os effluentes de cada um dos contactos:

Com tres leitos de areia ferrea carbonada...	44, 71 e 99%
Com tres leitos de coke miudo.....	28, 55 e 92%
Com dois leitos de coke miudo e o terceiro de areia .....	32, 62 e 99%
Com tres leitos de argilla cosida.....	36, 67 e 97%
Com tres leitos de carvão animal.....	52, 77 e 99%

Em 1899, nas experiencias de Massachussets, a passagem por fossa septica seguida de um unico contacto dava uma redução final de 61% do  $\text{NH}_3$  da agua bruta (44<sup>mgr.</sup>,4 por litro), apesar do augmento d'este composto na fossa. Referindo a

redução ao effluente da fossa (contendo  $48^{\text{mgr.}}$ ,6 de  $\text{NH}_3$  por litro) a redução é de  $64,2\%$ .

CALMETTE obtem na Madeleine, nas experiencias de 1904-1905, como media annual, em mgr. por litro: effluente da fossa septica 11, effluente de primeiro contacto 5,85 (redução de  $47\%$ ), effluente de segundo contacto 3,4 (redução de  $67\%$ ) de  $\text{NH}_3$ .

Depois de incubação, estes numeros tornavam-se respectivamente em 11,2, 4,6 e 1,95. O mesmo autor, na mesma installação, no primeiro semestre de 1906 encontra, em mgr. por litro, na agua bruta 10,56, no effluente da fossa septica 11,45, no effluente do primeiro contacto 6,92 ( $40\%$  de redução referida ao effluente da fossa) e no effluente do segundo contacto 4,05 ( $65\%$  de redução referida ao effluente septico) de  $\text{NH}_3$  livre ou salino.

As analyses de 1906-1907 dão ainda a CALMETTE, em mgr. de  $\text{NH}_3$  livre ou salino por litro: 12,6 para a agua bruta, 13,1 para o effluente septico, 7,4 ( $43,5\%$  de redução referida ao effluente septico) para o effluente do primeiro contacto e 4,1 (redução de 68,7 referida ao effluente da fossa) para o effluente do segundo contacto.

**Azote nitroso.** — A quantidade de nitritos é sempre minima.

Nas analyses de DIBBIN, em 1896-1897, o azote dos nitritos subia de  $0^{\text{mgr.}}$ ,21 por litro da agua de esgoto a  $3^{\text{mgr.}}$ ,01 por litro do effluente do primeiro leito, para descer no segundo effluente (leito de coke) a  $0^{\text{mgr.}}$ ,87 por litro.

As experiencias de RIDEAL em 1899 na mesma installação mostram a passagem dos nitritos de 0 (na agua bruta) a  $2^{\text{mgr.}}$ ,35 por litro, no primeiro leito, com um decrescimento no effluente do segundo leito para  $1^{\text{mgr.}}$ ,57 por litro.

Nas experiencias de Massachussets, em 1899, vêem-se os

nitritos passar de 0 (na agua de esgoto e no effluente da fossa) a  $0^{\text{mgr}},056$  por litro do effluente do unico contacto.

CALMETTE no anno de 1904-1905 nunca achou nos effluentes dos leitos bacterianos mais do que 1 mgr. de nitritos e isto muito excepcionalmente.

No primeiro semestre de 1906 obteve com o primeiro contacto nitritos que no maximo attingem  $0^{\text{mgr}},8$  por litro e com o segundo contacto uma media de 1 mgr. por litro, expressos em  $\text{N}_2\text{O}_3$ . A incubação leva os nitritos de 0,8 e 1,4, respectivamente em cada effluente, a 0,4 e a 3,7 mgr. por litro (media das analyses feitas em maio de 1906).

Para 1906-1907, CALMETTE obtem em media  $0^{\text{mgr}},32$  por litro no effluente do primeiro contacto e  $0^{\text{mgr}},47$  por litro no do segundo, sempre expressos em  $\text{N}_2\text{O}_3$ .

**Azote nitrico.** — Os nitratos apparecem em quantidade por vezes muito abundante, mas geralmente só depois do segundo contacto. No effluente do primeiro contacto são quasi sempre em pequena quantidade.

Com o primeiro filtro de DIBDIN, em Barking, o effluente da precipitação, contendo em media  $2^{\text{mgr}},45$  de nitrato por litro apresentava depois de atravessar o leito  $6^{\text{mgr}},6$  por litro; augmento, portanto, de  $4^{\text{mgr}},15$  por litro.

Ainda DIBDIN, nas analyses de 1896-1897 feitas dos effluentes dos leitos de Sutton, vê que os nitratos, eguaes a 0 na agua bruta, passam a  $7^{\text{mgr}},5$  e  $19^{\text{mgr}},9$  por litro, respectivamente depois do primeiro e do segundo contactos.

As analyses de junho de 1899 feitas na mesma installação por RIDEAL mostram que, de 0 na agua de esgoto, os nitratos passam a  $5^{\text{mgr}},53$  e  $31^{\text{mgr}},8$  por litro, respectivamente, nos effluentes primarios e secundarios.

DIBDIN e THUDICUM nos seus leitos de varios materiaes encontram, em mgr. por litro, respectivamente em cada effluente dos tres contactos:

Com tres leitos de areia ferrea carbonada..	0,	0,90,	36,7
Com tres leitos de coke miudo.....	0,	5,80,	42,7
Com dois leitos de coke miudo e o terceiro de areia.....	0,	6,81,	58,9
Com tres leitos de argilla cosida.....	0,	6,14,	41,5
Com tres leitos de carvão animal.....	0,	12,10,	36,8

Nas primeiras experiencias, de 1899, em Massachussets vê-se o azote nitrico subir de 0, na agua de esgoto e effluente da fossa septica, a 18 mgr. por litro, depois do unico contacto em leito de coke.

CALMETTE na installação de Madeleine, de junho de 1904 a julho de 1905, encontra em media, por litro, 0<sup>mgr.</sup>,7 de nitratos no effluente da fossa septica, 5<sup>mgr.</sup>,25 no effluente do primeiro contacto e 15<sup>mgr.</sup>,3 no do segundo.

No primeiro semestre de 1906 nos effluentes do primeiro e do segundo contactos encontrava respectivamente 5<sup>mgr.</sup>,59 e 15<sup>mgr.</sup>,51 de nitratos por litro. A incubação das amostras colhidas de 4 a 31 de maio de 1906 fazia variar a riqueza em nitratos de 1,2 e 0,9 a 0,5 e 2,1, respectivamente para cada effluente.

Em 1906-1907 a media dos nitratos em cada um dos dois effluentes dos leitos foi de 4<sup>mgr.</sup>,2 e 16<sup>mgr.</sup>,4 por litro, respectivamente.

**Azote total.** — A quantidade de azote total dissolvido diminue geralmente no effluente. A quantidade transformada em nitratos e nitritos não compensa a perda de azote ammoniacal e organico.

Assim, por exemplo, das analyses de RIDEAL em Sutton,

vê-se que o azote total igual a  $61^{\text{mgr.}},22$  por litro de agua de esgoto passa para  $34^{\text{mgr.}},7$  e  $40^{\text{mgr.}},39$  por litro nos effluentes respectivamente de leitos grosseiros e de leitos finos (reducção de  $43,4\%$  e de  $34,1\%$ ).

**Carbono organico.** — Depois de cada contacto, o carbono organico dissolvido diminue muito.

CALMETTE obteve como medias, em mgr. por litro: de julho de 1904 a junho de 1905,  $145$  no effluente da fossa septica,  $76,5$  (reducção de  $47,2\%$ ) no effluente do primeiro contacto, e  $50$  (reducção de  $66\%$ ) no effluente do segundo contacto. No primeiro semestre de 1906, o carbono, igual a  $45^{\text{mgr.}},2$  na agua bruta e a  $35^{\text{mgr.}},7$  no effluente da fossa, desce a  $23^{\text{mgr.}},6$  (reducção de  $34\%$  referida ao effluente da fossa) e a  $17$  mgr. (reducção de  $52,4\%$  referida ao effluente septico) depois do primeiro e do segundo contacto.

Das experiencias de 1906-1907, em Madeleine, conclue-se que a quantidade de carbono dissolvido do effluente septico queimado nos leitos bacterianos é em media de  $26\%$  e  $51,5\%$  para o effluente do primeiro e para o do segundo contacto (agua de esgoto bruta  $70^{\text{mgr.}},1$ , effluente septico  $55^{\text{mgr.}},7$ , effluente do primeiro contacto  $41^{\text{mgr.}},2$  e effluente do segundo contacto  $27$  mgr. por litro).

Lembremos que o carbono e o azote suspensos são retirados do liquido, pela passagem nos leitos, de um modo practicamente total.

**Chloro.** — O chloro pouco ou nada diminue na passagem pelos leitos; pôde mesmo augmentar ligeiramente.

Assim nos leitos de Sutton persiste sempre igual a  $128$  mgr. por litro, nas analyses de DIBDIN, em 1896-1897. RIDEAL encontra na mesma installação, em 1899, uma ligeira diminuição: de  $114^{\text{mgr.}},7$  por litro, no liquido bruto, passa para  $98^{\text{mgr.}},3$  e  $95^{\text{mgr.}},7$  nos effluentes primario e secundario.

Por vezes augmenta: no relatorio de Massachussets, 1899, vê-se passar de  $92^{\text{mgr.}}$ ,1 por litro da agua de esgoto bruta para  $101^{\text{mgr.}}$ ,4 por litro no effluente da fossa septica e  $105^{\text{mgr.}}$ ,3 por litro no effluente do leito de coke.

Prova da incubação. — O oxygeneo absorvido á custa do permanganato em tres minutos antes e depois da incubação em vaso fechado a  $30^{\circ}$  durante 7 dias era, respectivamente, em mgr. por litro: 5,15 e 5,7 para o effluente do primeiro contacto e 3,60 e 2,9 para o effluente do segundo contacto da installação de Madeleine, no anno de 1904-1905. No anno de 1906, de janeiro a maio, a incubação fazia passar o oxygeneo consumido em tres minutos de 5,18 a 6,59 para o effluente do primeiro contacto e de 3,79 a 3,21 para o effluente do segundo contacto. As medias annuaes de 1906-1907 mostram que os effluentes do primeiro e do segundo contacto, que em 3 minutos absorvem respectivamente  $5^{\text{mgr.}}$ ,6 e  $3^{\text{mgr.}}$ ,6 de oxygeneo por litro, passam, depois de incubação durante 7 dias em vaso fechado a  $30^{\circ}$ , a absorver respectivamente 7,4 e 2,9 mgr. por litro.

Vêmos, pois, que em todos estes casos o effluente primario é putrescível, mas o segundo effluente já o não é.

Já atraz ficaram indicados os resultados da incubação para para o ammoniaco, o azote nitroso e o azote nitrico, na installação de Madeleine.

\*

Parece-me conveniente, para facilidade de apreciação dos resultados obtidos com os leitos de contacto e da sua comparação com os resultados fornecidos pelos outros processos, resumir no quadro da pag. seguinte o que temos vindo dizendo.

Visto que os numeros apresentados são todos elles aproveitados de medias obtidas em installações funcçionando sob

Efluente do leito de	Materias suspensas (percentagens medias de redução obtidas)	Materias dissolvidas										Incubação a 30°, durante 7 dias em vaso fechado		
		Oxigeno consumido em 4 horas (percentagens medias de redução)	Oxydabilidade em 40 <sup>m</sup> com ebulição (percentagens medias de redução) (α)	Azoto organico (percentagens medias de redução)	Azoto albuminico (percentagens medias de redução)	Amoniacas livre ou salino (percentagens medias de redução)	Azoto nitroso (quantidade em mgr. por litro)	Azote nitrico (quantidade media em mgr. por litro)	Azote total dissolvido	Carbono organico dissolvido (percentagem media de redução)	Chloro	Oxigeno consumido em 3 minutos	Amoniacas livre ou salino	Nitratos
1.º contacto	89,7	55,8	45,7	33,5	33,50	47,27	de 0 a 3mgr.	4,13	41	Chloro	—	—	—	—
2.º contacto	99,5	69,9	64	56,5	52	71,21	menor ainda do que acima	13	60	varia pouco	—	—	—	—
3.º contacto	praticamente, 100	83	—	—	81	97	—	43	—	—	—	—	—	—

(a) Notemos que a percentagem de depuração apreciada pela oxydabilidade com ebulição afasta-se um pouco d'aquella que a oxydabilidade em 4 horas nos dá. Acontece, porém, que esta media ultima é obtida dos resultados apresentados por CALMETTE e pelos autores ingleses, ao passo que para a formação da primeira media apenas foram utilizados os resultados obtidos por CALMETTE, pois que os ingleses raro praticam a oxydabilidade a quente. Se, para comparação, tomarmos os resultados de CALMETTE para a redução da oxydabilidade em 4 horas, vemos que as medias obtidas para o primeiro e segundo contacto são respectivamente de 43 e 60,3 que já se approximam muito das medias da redução da oxydabilidade a quente em 10<sup>m</sup>.

a direcção de pessoas de reconhecida competencia, ficando nós garantidos de que terão sido realizadas as condições convenientes, novos numeros que sejam as medias d'aquellas medias dar-nos-ão uma idéa rapida e de approximação sufficiente do que sejam os effeitos obtidos pelo emprego dos leitos de contacto.

As percentagens de redução de umas substancias ou do augmento de outras referem-se n'este quadro, em todos os casos, ao liquido que directamente afflue aos leitos; só teremos em consideração as differenças de composição que a passagem e a estada nos leitos trazem a um determinado liquido. As percentagens referir-se-ão, portanto, á agua de esgoto bruta, apenas quando não haja um tratamento previo em fossas septicas, de sedimentação ou de precipitação, porque, havendo o, as percentagens referir-se-ão aos effluentes d'essas fossas.

\*

Póde ser interessante comparar o que fica dito com os resultados apresentados no quadro de pag. 420. *a*, para o tratamento, em leitos de contacto, das aguas residuaes de varias cidades inglesas. Este quadro, formado com elementos colhidos no quinto relatorio da Commissão Real Inglesa, indica, para cada caso, muitas das condições de construcção e do funcionamento dos leitos.

D'um modo geral, suppondo que se faz o numero de enchimentos conveniente, se emprega o material de natureza e dimensões mais adequadas ás circumstancias e se dirige racionalmente a installação, póde dizer-se que o effluente do primeiro contacto será ainda bastante conspurcado, a não ser quando a agua de esgoto seja pouco concentrada e tenha soffrido um tratamento previo bem dirigido.

Ao contrario, o effluente do segundo contacto será quasi sempre inodoro e imputrescivel, e não nocivo para as plantas e para os peixes dos cursos naturaes. Mais do que tres con-

Local	Qualidade do liquido affluente ao leito	Analyse do affluente nos leitos, em mgr. por litro				Numero de contactos	Material dos leitos	Dimensões do material	Altera occupada pelo material no leito	Media do numero de enchimentos diarios dos leitos primarios	Quantidade de liquido tratado diariamente por m <sup>3</sup> de material	Analyse do effluente final, em mgr. por litro						Estado dos leitos	
		Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Oxigeno consumido á custa do permanganato em 4 horas	Solidos suspensos							Azote ammoniacal	Azote albuminoide	Azote oxydado	Oxigeno absorvido em 4 horas á custa do permanganato	Prova de incubação (cheiro)	Solidos suspensos		Oxigeno dissolvido desaparecido em 24 horas
Hampton....	agua de esgoto bruta	94	13,8	178,2	485	3	escorias	primario—grossoiro secundario—medio terciario—muito fino	1 <sup>m</sup> ,22	cerca de 3	255,548	7,1	1,1	26,4	13,1	12 + em 12	vestigios	3,8	A agua de esgoto impermeabiliza os leitos primarios n'um anno.
Newton.....		43	8,6	123,2	306	1	escorias	medio a grossoiro	1 <sup>m</sup> ,07	1,7	540,803	34	3,7	1,6	67,9	2 — em 2	85	62	Leitos seriamente impermeabilizados á superficie ao fim de 5 annos de funcionamento, pouco mais ou menos.
Withnell....		53,5	12,3	211,9	339	2	escorias	primario—grossoiro secundario—medio	primario — 1 <sup>m</sup> ,52 secundario — 1 <sup>m</sup> ,07	0,71	108,160	8,9	4,1	0	38,6	3 — em 3	55	6,6	Leitos primarios seriamente impermeabilizados ao fim de 5 annos.
Halton.....	effluente de fossas de sedimentação	47,2	6,9	83,3	107	2	primario — coke, escorias e pedras secundario— coke	primario } um tanto grossoiro secundario }	primario — 1 <sup>m</sup> ,3 secundario — 0 <sup>m</sup> ,99	cerca de 4	475,432	15,4	2,3	8,8	25,2	2 + em 5	cerca de 30	—	Leitos primarios impermeabilizados ao fim de 4 annos.
Oldham.....		32,2	5,3	30,6	158	1	escorias	medio a grossoiro	0 <sup>m</sup> ,91 a 0 <sup>m</sup> ,38	—	cerca de 594,29	15,1	2,3	3,1	9,9	—	51	—	—
Oswestry....		34,8	9,2	103,7	228	2	escorias	primario } medio a grossoiro secundario }	1 <sup>m</sup> ,37	4 a 5	305,465	5,6	1,8	11,6	17,6	8 + em 10	cerca de 20	7,2	Leitos primarios impermeabilizados ao fim de 3 ou 4 annos.
Andover....	effluente de fossas septicas	74,4	9,8	75,3	111	1	escorias	medio a fino	1 <sup>m</sup> ,22	1,4	683,433	48,2	6	0	42,6	3 — em 3	98	27,7	Material dos leitos exigiu lavagem ao fim de cerca de 4 annos.
Guildford...		91,1	10	114,2	159	2	pedaços de argilla cosida ou escorias	primario—um tanto grossoiro secundario—um tanto fino	0 <sup>m</sup> ,76	2	134,903	10,8	3,2	12,2	27,7	4 + em 7	cerca de 10	—	Leitos primarios com perda de perto de 1/3 da sua capacidade ao fim de 4 annos.
Slaithwaite..		17,9	3,7	38,8	71	1	escorias	medio	1 <sup>m</sup> ,52	1,5	368,459	8,4	1,7	5,7	21,5	2 + em 7	cerca de 20	15,2	Superficie do material impermeabilizada ao fim de 4 annos.
Calverley...	effluente de fossas de precipitação chimica	96,4	11,1	119,4	118	1	escorias	fino a grossoiro	0 <sup>m</sup> ,91	cerca de 0,7	178,287	26,7	3	3,3	35,7	4 + em 13	88	11,4	Leitos ainda em bom estado ao fim de 10 annos.
Hendon.....		48,8	7,6	72,5	41	1	pedaços de argilla cosida e tijolos partidos	fino a medio	1 <sup>m</sup> ,52	2,5	—	17,2	1,6	12,2	20,7	3 + em 3	vestigios	—	Leitos ainda em bom estado ao fim de 6 annos.
Kingston....		36,4	4,4	51,7	15	1	escorias ou coke	medio	0 <sup>m</sup> ,91	4	148,572	19,6	1,2	12,2	8,4	3 + em 3	cerca de 10	1,8	Leitos de coke reteem 20% da sua capacidade geometrica ao fim de 2 annos; os de escorias 32% ao fim de 4 annos.

(!) Os numeros em typo ordinario representam as medias de séries diarias (geralmente tres) de analyses de amostras colhidas em todas as horas das 24, em tempo secco proporcionalmente ao volume da onda da occasião. Os numeros em italico são medias de analyses de amostras muito numerosas colhidas, com qualquer tempo (secco ou de chuvas; em varias occasiões.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

No.	Name	Date
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...
11	...	...
12	...	...
13	...	...
14	...	...
15	...	...
16	...	...
17	...	...
18	...	...
19	...	...
20	...	...
21	...	...
22	...	...
23	...	...
24	...	...
25	...	...
26	...	...
27	...	...
28	...	...
29	...	...
30	...	...
31	...	...
32	...	...
33	...	...
34	...	...
35	...	...
36	...	...
37	...	...
38	...	...
39	...	...
40	...	...
41	...	...
42	...	...
43	...	...
44	...	...
45	...	...
46	...	...
47	...	...
48	...	...
49	...	...
50	...	...
51	...	...
52	...	...
53	...	...
54	...	...
55	...	...
56	...	...
57	...	...
58	...	...
59	...	...
60	...	...
61	...	...
62	...	...
63	...	...
64	...	...
65	...	...
66	...	...
67	...	...
68	...	...
69	...	...
70	...	...
71	...	...
72	...	...
73	...	...
74	...	...
75	...	...
76	...	...
77	...	...
78	...	...
79	...	...
80	...	...
81	...	...
82	...	...
83	...	...
84	...	...
85	...	...
86	...	...
87	...	...
88	...	...
89	...	...
90	...	...
91	...	...
92	...	...
93	...	...
94	...	...
95	...	...
96	...	...
97	...	...
98	...	...
99	...	...
100	...	...

tactos não serão geralmente necessarios. O grau de depuração não é comtudo constante e nem sempre se manterá a uma altura conveniente; por isso o *Local Gouvenment Board*, em Inglaterra, manda que os effluentes dos leitos de contacto sejam tratados pelo solo; deve dizer-se que a maior parte das cidades se dispensa de seguir essa prescripção.

b) Sob o ponto de vista bacteriologico

α) Numero total dos germens

Em presença das percentagens de redução em o numero das bacterias, que alguns autores apresentam como resultantes do tratamento biologico pelos leitos de contacto, percentagens de 70, 80 e 90, quem esteja desprevenido póde ser levado a esperar que os effluentes dos leitos se mostrem pouco ricos em germens. Mas quem, sem se deixar levar pela magia dos numeros que constituem tão elevadas percentagens, examinar os liquidos resultantes do tratamento vê que a quantidade de microbios ahi existentes sobe a muitos milhares e por vezes mesmo a alguns milhões por c. c.

O effluente do leito de coke de Massachussets, precedido de fossa septica, apresentava, segundo o relatorio de 1899, uma redução total de 97,8 % em o numero das bacterias, referida á agua bruta; d'esta redução, 83,8 % cabiam á fossa. Fazendo a conta, vê-se que a redução que cabe ao leito, referida não já á agua bruta mas ao effluente septico, é de 86,4 %. Apesar de tão elevadas percentagens de redução, o effluente final continha ainda 44100 bacterias por c. c. E acontece isto com uma agua de esgoto americana, de sua natureza mais diluida e portanto menos rica em germens do que as que geralmente se encontram na Europa; com effeito na agua de esgoto bruta os germens apenas eram 2 milhões por c. c. e a acção da fossa reduzia-os a 324.500 por c. c.

Na Europa, com um só contacto o effluente seria muito mais rico em bacterias; assim, em Inglaterra, HOUSTON encontra no effluente do leito de um só contacto de Barking mais de um milhão de germens por c.c. (Relatorio de 28 de julho de 1900).

É verdade que geralmente na Europa fazem-se mais do que um contacto, pelo menos dois, e no segundo a redução nos germens accentua-se; mas o numero fica ainda elevado: Em Manchester, em 1900, BOYER encontra 331.700 bacterias por c. c. no effluente do primeiro contacto, e ainda 115.100 por c. c. no effluente do segundo. CALMETTE, durante os mezes de abril, maio e junho de 1905, em Madeleine, encontra como medias de microbios aerobios cultivaveis em gelatina peptonada e contados ao quinto dia a 22°: na agua de esgoto bruta 135.820:00 por c. c.; nos effluentes das fossas 61.800:000 (fossa aberta) e 66.600:000 (fossa fechada) por c. c.; no effluente do primeiro contacto 23.740:000 por c. c.; no effluente do segundo contacto 16.380:000 por c. c. (1). Apesar da elevada riqueza microbiana, vemos que estes effluentes apresentam respectivamente uma redução de 82,6% e 88% sobre a agua de esgoto bruta e de 64,4 e 75,5% sobre o effluente da fossa fechada.

Estes numeros de germens são excepcionalmente elevados. No anno seguinte, CALMETTE apresenta como medias por c. c.: 4.050:000 germens aerobios e 1.224:000 anaerobios para a agua de esgoto bruta; 50.250:000 aerobios e 1.750:000 anaerobios para o effluente das fossas septicas; 2.900:000 aerobios e 98:000 anaerobios para o effluente do segundo contacto (2).

---

(1) Os germens liquefacientes da gelatina seriam por c.c.: 3.290:000 na agua bruta, 3.550:000 no effluente da fossa aberta, 1.920:000 no effluente da fossa fechada, 1.070:000 no effluente do primeiro contacto, e 960:000 no effluente do segundo contacto.

(2) Os germens liquefacientes da gelatina seriam 675:000 por c. c. para a agua bruta, 5.900:000 por c. c. para o effluente septico, e 1.200:000 por c. c. para o effluente do segundo contacto.

A riqueza em bacterias é ainda muito grande no effluente do segundo contacto; apesar d'isso as percentagens de redução são muito elevadas; com effeito, se referidas á agua de esgoto bruta são de 28,4 % para os aerobios e de 92 % para os anaerobios, tornam-se muito mais importantes (94,3 % para os aerobios e 94,4 % para os anaerobios) se, como é natural, referimos antes a eliminação ao numero de germens do effluente septico, para assim pôrmos em relevo a acção eliminadora particular dos leitos.

Rouchy, fazendo tres contactos com agua de esgoto de Paris, em Asnières, obtém um effluente contendo 400:000 a 800:000 germens por c. c., o que não impede que em relação á agua tratada a redução atinja percentagens de 90,95 a 99 %.

Não se deve estranhar que, no liquido tratado e de razoavel pureza chimica, o numero de bacterias seja muito elevado.

A agua de esgoto é, como sabemos, um meio no qual os microbios abundantemente pululam; a estada em fossa septica, por vezes, longe de lhes reduzir o numero, augmenta-o consideravelmente. Nos leitos bacterianos os materiaes, propositadamente volumosos, estão longe de representar o papel que nos filtros finos, de areia ou outros, os respectivos elementos desempenham, augmentando muito as probabilidades de retenção mecanica dos germens. Nos leitos biologicos, mesmo, para alguns germens, são as condições voluntariamente procuradas de modo a favorecel-os na sua acção vital de destruição da materia organica e a tornarem-n'os, a elles proprios, agentes depuradores.

Estes agentes são de varias especies, como sabemos. Mesmo quanto aos germens nitrificadores, não ha na verdade apenas o nitrosomonas, e o nitrobacter de WINOGRADWSKY; outras bacterias tambem concorrem para o mesmo fim. Comtudo são aquelles os mais influentes e quando encontrando-se em meios convenientes, bem arejados e pouco ricos em materia organica, concorrerão poderosamente para fazer baixar a riqueza do

meio em germens de outras especies, que difficilmente prosperam depois de terem consumido a maior parte da substancia organica.

Já JORDAN e RICHARDS, no relatorio de Massachussets de 1890, diziam que quanto mais intensa era a nitrificação nos leitos filtrantes de *Lawrence Experimental Station* tanto menor era o numero de bacterias no effluente. Hoje todos sabem que, com effeito, quanto mais longe vae a oxydação da materia organica tanto menor é, no meio, a sobrevivencia dos germens cultivaveis nos caldos ou meios ordinarios do laboratorio, os unicos germens cujo numero se determina.

Os numeros que temos dado referem-se a contagens com sementeiras feitas na occasião das colheitas; os effluentes dos leitos avançados na depuração chimica, contendo pouco alimento para os microbios, descem muito depressa na riqueza bacteriologica geral. Assim, CALMETTE collocando na estufa a 30°, a melhor temperatura para a multiplicação microbiana, uma certa quantidade de effluente do segundo contacto em que a eliminação referida á agua de esgoto bruta (antes de entrada na fossa septica) era apenas de 28,4 0/0, nota que a eliminação depois de dois e de cinco dias é, respectivamente, de 74,9 e 99,6 0/0; o effluente do segundo contacto antes da incubação continha 2.900:000 germens por c. c., dos quaes 1.200:000 liquefacientes; depois de dois dias na estufa a 30°, 1.020:000 e 250:000, e depois de cinco dias 14:400 e 4:500, respectivamente aerobios totaes e liquefacientes.

Em presença d'estes factos, conclue-se que o grande numero de bacterias dos effluentes não prejudicará sensivelmente o rio a que estes sejam lançados, isto quando não se queira já acceitar, como DUPRÉ em 1894, que o vão beneficiar (vol., pag. 65, nota 1).

Por vezes (em Inglaterra sempre theoreticamente, segundo a lei, mas quasi nunca na pratica) o effluente dos leitos é lançado ao solo, onde soffre nova e mais completa depuração, libertando-se de uma grande quantidade de bacterias e approximando-

do-se mesmo, se o solo é conveniente e bem preparado, das aguas das melhores fontes.

Na generalidade dos casos, porém, não é licito esperar nem é razoavel exigir que os liquidos depurados pelos leitos, no momento em que affluem ao rio, sejam tão pobres em germens como as aguas d'este.

Quando uma redução numerica geral de bacterias por qualquer motivo fosse exigida para o liquido antes de rejeitado no rio, utilizar-se-iam filtros de material fino especies ou recorrer-se-ia á esterilização; a estes pontos teremos ainda de voltar.

#### β) Sobrevivencia de germens pathogenicos

Muito mais importante do que o numero total dos germens de um effluente é a sua qualidade.

Ao passo que um grande numero de saprophytas é inoffensivo, uma reduzida quantidade de pathogenicos pôde ser muito perigosa.

Felizmente, as bacterias mais virulentas são tambem, geralmente, as menos resistentes e morrem ou enfraquecem na sua acção, e então o perigo desaparece, porque as substancias toxicas produzidas pelos germens são muito instaveis e decompõem-se facilmente em productos inoffensivos. Assim é que uma agua de esgoto esterilizada a 100° durante uma hora ou filtrada por um filtro PASTEUR não produz effeito algum nocivo quando em injecções sub-cutaneas (RIDEAL); por vezes, semelhantemente, as injecções de effluentes de leitos não esterilizados ficam inoffensivas, demonstrando a falta provavel de agente pathogenico no liquido depurado: em Exeter lançou-se uma certa quantidade de effluentes n'um caldo que se deixou em incubação durante 48 horas e de que se injectaram subcutaneamente 2 c. c. a coelhos e cobaios que nada soffreram.

Nas determinações qualitativas, as especies mais frequente-

mente encontradas nos efluentes dos leitos bacterianos são os *b. subtilis*, *megaterium*, *proteus mirabilis*, numerosas variedades de *fluorescens liquefaciens*, e *oidium lactis*; as bacterias chromogeneas são frequentes e entre ellas o *b. violaceus*, *prodigiosus* e uma sarcina amarella (CALMETTE).

O *b. pyocianico* é muito frequente e bem assim o estrep-tococco; o estaphylococco é muito raro.

Dos germens pathogenicos os mais vezes investigados são o coli (1) e o typhico.

O coli nos efluentes de leitos de contacto é constante. HOUSTON afirma que os leitos o reduzem pouco; no seu relatório de 28 de julho de 1900 mostra que o effluente do leito de Barking, se bem que tendo menos coli do que a agua bruta, contém ainda mais de 100:000 d'estes germens, por c. c. Convém, porém, notar que em Barking e Crossness (Londres) os efluentes nunca são levados até uma nitrificação importante; apenas se tem em vista obter um liquido toleravel para poder ser lançado no largo estuario do Tamisa; portanto, como o proprio HOUSTON faz notar, a tão grande abundancia de coli, n'este caso, poderia indicar apenas que o liquido, putrescível, ainda não fora levado pelas bacterias (entre estas, o coli), tão longe na depuração chimica que aos germens começasse a escacear o alimento.

Muito mais reduzido, com effeito, é o numero de coli que, em 1900, BOYCE encontra no effluente dos leitos de Manchester: 1:420 por c. c. e 329 por c. c., respectivamente para o primeiro e para o segundo contacto.

CALMETTE, em Madeleine, encontra em media 4:000 coli por c. c. dos efluentes do segundo contacto (para 20:000 por c. c. do effluente da fossa septica, isto é, 80 % de eliminação).

---

(1) O coli pode não ser pathogenico na significação ordinaria da palavra; mas a sua presença implica a possibilidade de existencia simultanea de outros germens nocivos.

O typhico é raro nos effluentes dos leitos; CALMETTE nunca o encontrou.

O motivo principal d'isto é a raridade d'este germen na propria agua de esgoto. Com effeito, se, como Mc. CONCKEY faz notar, deve haver alguns bacillos typhicos na agua de esgoto, provenientes dos doentes, por exemplo, esses bacillos são em tão pequeno numero que só difficilmente se encontram. Os leitos bacterianos, menos ainda do que as fossas septicas, teem condições favoraveis para lhes permittirem a sua multiplicação e por isso nos effluentes só por acaso, nas condições habituaes, algum d'esses germens apparecerá, e então sem tendencia para se multiplicar.

Desde porém que, por qualquer motivo, os germens typhicos venham a affluir aos leitos de contacto, como acontece com o coli, a redução que haverão de soffrer será importante, sem que comtudo a eliminação venha a ser total. RICKARD, em Exeter, obtem uma redução de 90 0/0 dos bacillos typhicos lançados na agua de esgoto, por meio da utilização dos leitos; a passagem em seguida, n'estes leitos, de um novo liquido destituido de b. typhicos apenas faz com que o leito lhe ceda 1 0/0 dos germens que retivera. Vê-se, pois, que nos supports não se multiplicam nem encontram circumstancias favoraveis que lhes permittam estragar de modo sensivel as porções de liquido ulteriores.

Portanto, sem que se affirme que o b. typhico porventura apparecido na agua de esgoto ha de forçosamente ter perdido a sua vitalidade ou mesmo a sua virulencia quando ao sahir dos leitos de contacto, parece, pelo menos, seguro que terá sido reduzido no seu numero pela passagem pelo leito.

O que fica dito para o germen typhico, applica-se ao da cholera.

Os esporos do *b. enteritidis sporogenes* teem sido objecto de investigações; KLEIN, fazendo notar a sua muita virulencia, affirma que este anaerobio pôde causar diarrhea.

Houston é de opinião de que não se pôde dizer que os leitos biologicos produzam uma baixa notavel no numero de *enteritidis* da agua residual: na realidade a redução era muito pequena no leito de Barking, cujo effluente continha ainda 100 a 1:000 por c. c. e nos effluentes dos leitos de Crossness onde os esporos variavam entre 10 e 1:000 por c. c.

Contra Houston, Boyce afirma que a passagem pelos leitos reduz consideravelmente o numero do *enteritidis sporogenes* principalmente se tem havido um tratamento previo; nos effluentes dos leitos de Chorley, Oldham e Manchester (estes prece-didos por fossa septica) o *b. enteritidis* não foi achado.

Se no effluente dos leitos se encontram germens pathogenicos, o caso pôde merecer attenção. A contaminação pôde ser levada até pontos muito distantes: Johnson e Whipple mostraram que o coli é tomado pelo peixe, em cujo intestino se multiplica abundantemente; este peixe, indo para outras aguas, mesmo afastadas e na apparencia livres de contacto com liquidos sujos, poderá ahi lançar grandes quantidades de germens.

Ora o que acontece para o coli pôde porventura acontecer para o typhico e para outros germens. Seria esta a explicação da existencia d'estes organismos em aguas afastadas dos logares directamente polluidos pelas substancias rejeitadas.

Pôde, portanto, ser util destruir os germens pathogenicos de um effluente de leito de contacto. Recorrer-se-á, então, a tratamentos não biologicos, de desinfecção, que já foi descripta para a agua de esgoto bruta e que o será de novo, quando tivermos tratado dos resultados obtidos pelos leitos insubmersiveis, para os effluentes dos leitos bacterianos em geral.

## 12) Custo da depuração por leitos de contacto

Como muito bem se comprehende, o custo de uma installação de leitos de contacto variará com as circumstancias locais,

com as installações accessorias, com a natureza e volume de liquido a tratar e com o grau a que a sua depuração ha de ser levada.

Para commodidade, faremos o calculo da despesa para um caso hypothetico, de modo a podermos comparar os resultados com os já apresentados para outros processos de depuração. Servir-nos-emos dos elementos fornecidos pela *Royal Commission on Sewage*, suppondo que :

1.º O solo onde se vae fazer a installação tem as differenças de nivel necessarias para o escoamento do liquido se poder fazer por simples gravidade.

2.º A agua de esgoto é de um caracter domestico normal e de uma concentração media; isto é, uma agua de esgoto que exigirá cerca de 1:000 mgr. de oxygeneo (1) para a oxydação da materia organica contida n'um litro.

3.º A onda diaria de tempo secco é de 1000<sup>m3</sup> (2).

4.º Em tempo de chuva passa nos leitos uma onda dupla da habitual.

5.º A agua de esgoto tem sido previamente sujeitada a um tratamento preliminar com o fim de lhe retirar as materias suspensas.

6.º Quando esse tratamento preliminar é a precipitação chimica quiescente, ha leitos de um só contacto; com outros tratamentos preliminares ha dois contactos.

7.º O material dos leitos é quasi todo de dimensões medias; junto aos drenos ha uma porção de material mais grosseiro; na superficie uma camada de material fino.

8.º O fundo e os lados do leito são de cuidadosa construção, bem rebocados e impermeaveis á agua; os leitos teem uma profundidade de 0<sup>m</sup>,914.

---

(1) Este oxygeneo equivalerá a cerca de 100 a 120 mgr., por litro, de oxygeneo consumido em quatro horas á custa do permanganato.

(2) O calculo é feito proporcionalmente aos numeros dados pela Comissão Real para a hypothese da onda de tempo secco ser de 4543<sup>m3</sup>,5; veja-se o que a este respeito já foi dito a pag. 153, nota 2.

9.º O effluente dos leitos de contacto passa n'uma fossa final, com o fim de adquirir um caracter uniforme medio.

10.º O effluente depurado a obter deve ser satisfactorio.

A capacidade util que tem de ser dada aos leitos de contacto depende em grande parte da concentração e das materias suspensas no liquido que recebem.

O seguinte quadro mostra qual a concentração e a riqueza de materias suspensas no liquido obtido pelos varios tratamentos preliminares da agua de esgoto da hypothese e a quantidade de liquido que em cada caso pôde ser tratada por unidade de volume de material e dia.

Processos preliminares (1)	Concentração do effluente das fossas, affluente aos leitos	Materias suspensas em mgr. por litro do effluente das fossas e affluente aos leitos	Quantidade de liquido tratado diariamente por m <sup>3</sup> de material (1)	Volume de material necessario para o tratamento de mil m <sup>3</sup> diários (onda de tempo secco) (1)
Sedimentação quiescente .....	700	50 a 80	326,8	3060
Sedimentação em onda corrente ...	800	100 a 150	237,3	4207
Precipitação chimica quiescente...	500	10 a 40	832,2	1203
Precipitação chimica em onda corrente .....	600	30 a 60	505	1980
Passagem por fossa septica.....	800	100 a 150	237,7	4207

O seguinte quadro, imitado de KERSHAW, mostra o calculo de custo dos leitos de contacto necesarios para tratamento da onda de tempo secco de 1000<sup>m3</sup> diários da agua residual da nossa hypothese. O calculo inclue 15 0/0 para despesas varias, imprevistas, e para planos de engenharia.

(1) Com a precipitação chimica quiescente para tratamento preliminar só ha leitos de simples contacto; com os outros tratamentos ha leitos de duplo contacto.

Processos preliminares	Preço de construção dos leitos para tratar mil m <sup>3</sup> (1)
Sedimentação quiescente .....	21:868\$600
Sedimentação em onda corrente .....	26:613\$285
Precipitação chimica quiescente.....	8:453\$085
Precipitação chimica em onda corrente.....	14:768\$860
Passagem por fossa septica.....	26:613\$285

As principaes verbas n'esta despesa vão especificadas no quadro seguinte.

Processos preliminares	Custo do material filtrante	Custo dos muros e pavimentos	Custo da rebocação	Custo da excavação (2)
Sedimentação quiescente .....	5:383\$920	5:413\$660	1:635\$695	1:193\$565
Sedimentação em onda corrente....	7:168\$320	6:976\$990	2:152\$180	1:707\$075
Precipitação chimica quiescente....	3:744\$260	2:522\$940	669\$150	Ha apenas leitos de primeiro e unico contacto; não é necessaria excavação digna de nota.
Precipitação chimica em onda corrente .....	3:514\$270	3:848\$350	1:338\$200	877\$330
Passagem por fossa septica.....	7:168\$320	6:976\$990	2:152\$180	1:707\$075

(1) O preço de construção dos leitos é muito elevado, principalmente em virtude da forma cuidadosa por que se constroem artificialmente e se rebocam as paredes. Leitos mais simples seriam muito mais baratos e obtidos mesmo por um quarto do preço dado, quando formados por simples excavação no solo argilloso.

(2) Suppõe-se no nosso caso hypothetico que os leitos primarios estão,

É conveniente que haja uma fossa onde seja recebido o liquido effluente dos leitos de contacto para ahi se tornar de qualidade uniforme media e deixar sedimentar parte dos solidos que ainda traga, impedindo-se assim a possivel descarga de um liquido putrescivel durante a primeira onda ou de solidos putresciveis. Esta fossa, de 84<sup>m</sup>3 de capacidade, capaz de reter durante duas horas cada porção de agua de esgoto, será do systema DORTMUND e custará no total — 676\$090 réis.

O seguinte quadro dá a área necessaria para ser occupada pelos leitos e o seu custo á razão de 1:111\$935 réis o hectare.

Processos preliminares	Área requerida para a instalação por leitos de contacto, em m <sup>2</sup>	Custo da área necessaria para a instalação dos leitos de contacto
Sedimentação quiescente .....	2859	317\$900
Sedimentação em onda corrente.....	3723	413\$975
Precipitação chimica quiescente.....	1122	124\$760
Precipitação chimica em onda corrente ...	1808	201\$035
Passagem por fossa septica .....	3723	413\$975

É facil construir o quadro das despesas de primeira installação para um tratamento por leitos de contacto, como se vê na pagina aeguinte.

praticamente, acima do nivel do terreno, e que a excavação d'este só é exigida no caso dos leitos secundarios.

Processos preliminares	Custo da construção dos leitos de contacto, em réis	Custo da construção da fossa de decantação final, em réis	Custo do terreno para a instalação de leitos de contacto, em réis	Custo total da instalação de depuração por leitos de contacto, em réis
Sedimentação quiescente.....	21:868\$600	676\$090	317\$900	22:862\$590
Sedimentação em onda corrente....	26:613\$285	676\$090	413\$975	27:703\$350
Precipitação química quiescente....	8:453\$085	676\$090	124\$760	9:253\$935
Precipitação química em onda corrente.....	14:768\$860	676\$090	201\$035	15:645\$985
Passagem por fossa septica.....	26:613\$285	676\$090	413\$975	27:703\$350

Se juntarmos a estas despesas de instalação dos leitos as que se fazem com a instalação necessaria para os tratamentos preliminares teremos o seguinte quadro, dando as despesas de instalação para o tratamento completo.

Processos preliminares	Despesas de primeira instalação para o tratamento preliminar (em réis)	Despesas de primeira instalação para o tratamento nos leitos de contacto (em réis)	Despesas totaes de instalação para o tratamento completo (em réis)
Sedimentação quiescente....	6:384\$240	22:862\$590	29:246\$830
Sedimentação em onda corrente.....	5:468\$910	27:703\$350	33:172\$260
Precipitação química quiescente.....	6:538\$465	9:253\$935	15:792\$400
Precipitação química em onda corrente.....	4:336\$915	15:645\$985	19:982\$900
Passagem por fossa septica..	7:058\$660	27:703\$350(1)	34:762\$010(1)

(1) CALMETTE calcula que uma instalação de depuração por leitos

Calculando que o empréstimo necessario para a compra de terreno e construcção dos leitos e fossa final vence  $3\frac{1}{2}\%$

de contacto custará em media 2\$700 réis por m<sup>2</sup>. Uma instalação destinada a tratar 10:000m<sup>3</sup> diários, de uma cidade de 100:000 habitantes, por leitos de contacto precedidos por fossas septicas exigiria uma superficie de 2:000m<sup>2</sup> para os dois contactos (depuração de 500<sup>l</sup> por m<sup>2</sup> de superficie e dia); a 2\$700 réis cada metro, custaria, pois, a instalação dos leitos de contacto — 54:000\$000 réis. O mesmo autor calcula que outros 54:000\$000 réis seriam necessarios para a instalação de tratamento preliminar em cinco fossas septicas de 2:000m<sup>3</sup> de capacidade cada e para os collectores. A instalação completa custaria, pois, réis 108:000\$000, segundo CALMETTE.

BAUCHER apresenta o seguinte quadro para dar uma idéa approximada das despesas d'uma instalação de tratamento completo de aguas de esgoto de composição analoga ás de Paris, em fossas septicas e leitos bacterianos (sem especificar se se trata de leitos submersiveis ou insubmersiveis).

Numero de habitantes	Volume da onda a tratar diariamente, á razão de 100 <sup>l</sup> por habitante, em m <sup>3</sup>	Custo da instalação
1:000	100	3:060\$000
2:000	200	4:500\$000
5:000	500	9:000\$000
10:000	1:000	15:300\$000
50:000	5:000	69:300\$000
100:000	10:000	135:000\$000
500:000	50:000	540:000\$000
1.000:000	100:000	900:000\$000

Não se comprehendem n'estes calculos as despesas feitas com a separação de solidos fluctuantes e de solidos mineraes pesados, nem com a elevação por bombas.

Os calculos de CALMETTE e BAUCHER differem muito, como se vê, dos da Commissão Real Inglesa. Como já tem sido dito, é preciso em cada

de juros por anno e é pagavel em annuidades eguaes n'um periodo de trinta annos, temos os seguintes encargos annuaes para a installação dos leitos de contacto.

Processos preliminares	Encargos do emprestimo para a installação de leitos de contacto	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> de agua tratada (onda diaria de tempo secco)
Sedimentação quiescente .....	1:243\$120	3\$405
Sedimentação em onda corrente.....	1:504\$765	4\$120
Precipitação chimica quiescente .....	502\$330	1\$375
Precipitação chimica em onda corrente.....	849\$985	2\$330
Passagem por fossa septica .....	1:504\$765	4\$120

Para regular o funcionamento dos leitos de contacto são precisos dois homens (um de dia, outro de noute). Suppondo que esses homens ganham 1\$035 réis por semana e juntando um terço de ordenado de um empregado vigilante de toda a installação de depuração, que gaste na parte que pertence aos leitos de contacto um terço de seu tempo, se este ordenado fôr annualmente 128\$755 réis (1), a despesa assim feita será

caso precisar as circumstancias locaes, que muito farão variar as despesas a fazer. O que temos vindo dizendo ácerca do custo da depuração na hypothese apresentada, com condições bem determinadas, serve principalmente para fazer a comparação entre o dispendio occasionado com os varios processos de depuração, e indica o plano geral a seguir para, em cada caso particular, se poder fazer o orçamento respectivo.

(1) Aqui é onde se torna mais apparente o erro que resulta de fazer o calculo da despesa de depuração de 1:000<sup>m3</sup> proporcional á despesa dada pela *Royal Commission* para 4543<sup>m3</sup>,5 (1.000.000 de gallões). Com effeito a *Royal Commission* calcula que cada operario ganha 4\$725 réis semanaes e que são necessarios dois para a installação dos leitos

de 150\$560 réis annualmente ou 410 réis por cada mil metros cubicos de agua de esgoto depurada (onda diaria de tempo secco), seja qual for o processo preliminar adoptado.

O custo medio de retirar, lavar e tornar a collocar nos leitos o material, accrescentando o que se tenha perdido, pôde calcular-se em cerca de 466 réis por metro cubico; se suppozermos que o material dos leitos primarios precisará ser lavado de quatro em quatro annos e o dos leitos secundarios de dez em dez annos, teremos que cada are de leitos primarios de 0<sup>m</sup>,914 de fundo custará 42\$585 réis cada quatro annos para lavar e renovar, ou cerca de 10\$645 réis por anno, e cada are de leitos secundarios 42\$585 réis todos os dez annos ou 4\$260 réis por anno.

O seguinte quadro dá o custo da lavagem e renovação do material dos leitos de contacto.

Processos preliminares	Custo da despesa com a lavagem e renovação do material dos leitos	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)
Sedimentação quiescente .....	263\$950	725
Sedimentação em onda corrente .....	357\$460	980
Precipitação chimica quiescente .....	139\$770	380
Precipitação chimica em onda corrente .....	167\$800	460
Passagem por fossa septica .....	357\$460	980

de contacto. O ordenado annual do superintendente estabelece-o em réis 585\$000. Desde que queiramos calcular a despesa para os 1000<sup>m</sup><sup>3</sup> proporcionalmente á dada pela Commissão Real Inglesa para a sua hypothese, como não é possivel reduzir o numero de operarios e tem que haver sempre um vigilante, reduzir-se-á o que cada um ganha. Temos d'esta

O custo total da depuração pelos leitos de contacto, incluindo encargos de emprestimo, mão d'obra, vigilancia, lavagem e renovação de material, é, pelos calculos feitos :

Processos preliminares	Despesas com a depuração por leitos de contacto	
	Annualmente	Por mil m <sup>3</sup> (onda dia- ria de tem- po secco)
Sedimentação quiescente .....	1:657,5630	4,540
Sedimentação em onda corrente.....	2:012,5785	5,510
Precipitação chimica quiescente .....	792,5660	2,5170
Precipitação chimica em onda corrente .....	1:168,5345	3,5200
Passagem por fossa septica.....	2:012,5785	5,510

Mas estes preços referem-se só ao tratamento nos leitos de contacto ; se agora juntarmos os preços do tratamento preliminar (já dados a pag. 161) obteremos o custo do tratamento completo das aguas de esgoto da hypothese, no quadro da pagina seguinte.

forma os salarios e o ordenado apresentados acima manifestamente baixos e na pratica inaceitaveis. Na realidade os empregados ganharão pouco mais ou menos o mesmo, qualquer que seja a importancia da installação.

O erro commettido, com este calculo proporcional, torna-se porém muito pequeno se procurarmos os preços não já para 1000<sup>m3</sup>, mas para 5000<sup>m3</sup> ou melhor para 4500<sup>m3</sup>, como disse a pag. 153, nota 2.

Processos preliminares	Tratamento em fossas e em leitos submersíveis						Custo do tratamento completo por fossas e leitos submersíveis por cada habitante, anualmente (1)
	Por anno			Por mil m <sup>3</sup> (onda diaria de tempo secco)			
	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento nos leitos	Custo total do tratamento completo	Custo total do tratamento preliminar	Custo total do tratamento nos leitos	Custo total do tratamento completo	
Sedimentação quiescente.....	721\$240	1:657\$630	2:378\$870	1\$975	4\$540	6\$515	356
Sedimentação em onda corrente.....	559\$180	2:012\$785	2:571\$965	1\$530	5\$510	7\$040	386
Precipitação chimica quiescente.....	1:244\$285	792\$660	2:036\$945	3\$405	2\$170	5\$575	305
Precipitação chimica em onda corrente..	1:124\$200	1:168\$345	2:292\$545	3\$075	3\$200	6\$275	344
Passagem por fossa septica.....	622\$690	2:012\$785	2:635\$475	1\$705	5\$515	7\$220	396

### 13) Critica dos leitos de contacto e do seu funcionamento

Expostos os resultados obtidos pela utilização dos leitos submersíveis, vejamos se estes satisfazem e realizam as condições que a theoria e as experiencias laboratorias apontam como mais favoraveis ou se, pelo contrario, será possivel, modificando os, esperar alcançar effeitos mais uteis, de depuração mais completa.

Durante o periodo de plenitude, realiza-se a fixação, nos materiaes, das materias organicas do liquido, em virtude de acções physicas, chimicas e mesmo biologicas; mas as acções biologicas de destruição de substancia organica, capazes de

(1) Se suppozermos que, no caso da nossa hypothese, o numero de habitantes relacionados com o esgoto é de 6:666 e a onda suja corresponde a 150 litros por cabeça e dia em tempo secco.

transformarem esta em corpos inoffensivos, só se produzem com verdadeira importancia e actividade durante o periodo de vazio, tambem chamado, impropriamente, de repouso.

È o que mostram as experiencias de BOULLANGER, DUNBAR e outros autores.

DUNBAR enche seis leitos, todos elles de escórias, com agua de esgoto da mesma qualidade e prolonga, em cada um dos seis leitos, os contactos por  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, 6 e 12 horas, respectivamente. Depois de seis dias de experiencia, quando os leitos se acham já povoados de germens, analisa os effluentes, e chega á conclusão de que a redução da oxydabilidade do liquido, que no effluente do leito de contacto de  $\frac{1}{2}$  hora attinge 68,71 %, se vai tornando nos effluentes dos leitos de contactos mais prolongados igual a, respectivamente, 72,43 %, 80,09 %, 82,49 %, 83,81 % e 86,21 %. Portanto a redução principal da oxydabilidade faz-se durante a primeira meia hora; depois continua-se, mas muito mais lentamente. Além d'isso, DUNBAR, por experiencias ulteriores, verificou que a redução da oxydabilidade realizada no leito em que o contacto dura meia hora é quasi totalmente effectuada durante os primeiros cinco minutos. Esta redução, pelo seu character subito, não se coadumna com a regularidade que deveria apresentar uma acção biologica que motivasse a destruição da materia organica; por isso se pôde affirmar que a baixa na oxydabilidade no effluente é devida não a uma destruição, mas sim a uma simples fixação da substancia organica pelos materiaes do leito.

Á mesma conclusão levam outras experiencias do mesmo autor:

DUNBAR enche e mantem cheio de agua de esgoto, durante uma hora, um leito bacteriano; esvazia-o, analisa o seu effluente e verifica que, n'este, o cheiro é muito fraco e a oxydabilidade soffreu uma redução de 56,2 %. Em seguida enche novamente o leito, deixando, porém, agora, continuar a affluencia do liquido, o que motivará, é claro, a sahida de uma quantidade de liquido correspondente; e assim faz affluir ao leito, continuamente cheio, uma quantidade de agua de esgoto correspon-

dente á que seria necessaria para o encher cinco vezes; verifica que nas primeiras porções de liquido effluente, correspondente ás que dariam os dois primeiros enchimentos, a redução na oxydabilidade é mais accentuada do que no effluente que tem préviamente soffrido no leito uma hora de contacto, e attinge 66 e 66,5 %; mas nas ultiores quantidades de liquido effluente, pelo contrario, a redução na oxydabilidade é muito menor e não passa de, successivamente, 32 %, 27,3 % e 16,5 %; além d'isso nas ultimas porções de liquido apparece um cheiro fecaloide intenso.

N'estas experiencias, a subita diminuição na quantidade de materia oxydavel, como nas experiencias anteriores, e além d'isso a rapida baixa ulterior da redução da oxydabilidade são incompativeis com um processo regular e progressivo de destruição biologica; nas acções de fixação, principalmente physico-chimicas, encontra-se, pelo contrario, a explicação sufficiente dos factos: durante a passagem das primeiras porções de liquido, a materia, fixando-se muito rapidamente, abandonava o liquido, que sahia relativamente puro, mas que começava a sahir com peor character logo que era attingido o limite do poder fixador dos materiaes, que acções destruidoras sufficientes não libertavam, durante o periodo de plenitude, da materia fixada regenerando-lhes aquelle poder desaparecido.

Com effeito, se durante este periodo de plenitude a materia organica soffre apreciavelmente acções biologicas de transformação, essas são principalmente de transformação hydrolytica, de desintegração e de solubilização dos solidos; porque as acções de verdadeira destruição, com passagem a productos inoffensivos e oxydados, se não faltam por completo, são praticamente insignificantes, como vamos vêr. DUNBAR, tendo encontrado 3<sup>m</sup>gr. 8 de CO<sub>2</sub> por litro n'uma agua de esgoto, sujeita a a contactos de 5, de 6 e de 12 horas e encontra nos effluentes dos leitos, em cada caso, respectivamente 68,9, 134,9 e 156,2 mgr. de CO<sub>2</sub> por litro; o augmento subito no CO<sub>2</sub> depois do contacto de cinco minutos provém do acido carbonico já formado anteriormente, que estava retido entre os materiaes do