

TRATAMENTO ELETROLÍTICO DO ESGOTO URBANO

INSTALAÇÃO PIONEIRA EM IRACEMÁPOLIS - SP

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERRMANN, 45 CEP 01048-900 PINHEIROS
SAO PAULO - BRASIL

ARQUIVO TECNICO

Engº Paulo Bezerril Jr. *

Engº Wolfgang G. Wiendl **

5312
B469t (RCET) *anceiro da CETESB*
020291 *ional de Campinas*

A. INTRODUÇÃO

As estruturas previstas para o tratamento eletrolítico de uma parte dos esgotos da cidade de Iracemápolis, conforme detalhes a seguir apresentados, são extremamente menores que aquelas que se definissem segundo as atuais parâmetros convencionais, predominantemente apoiados na doutrina mibianã de atividades bacteriológicas (aeróbicas ou anaeróbicas) para a estabilização do esgoto. Além disso, o processo de tratamento eletrolítico direto ou imediato (de Leeds e Webster), ao atuar "diretamente sobre a massa líquida a tratar e tirando dela mesma os elementos ativos para a sua depuração" (segundo Saturnino de Brito), dispensa a adição de qualquer produto químico.

Os parâmetros básicos utilizados no dimensionamento provieram da instalação do piloto do Cambuí (Campinas) que, na época (agosto de 1.985) em que se decidiu construir a instalação pioneira de maior porte (1,0 l/s) em Iracemápolis, estava sendo operada com cerca de 0.12 l/s e segundo diretrizes características das investigações preliminares que permitiam os primeiros resultados consistentemente satisfatórios. Naquela ocasião, um rápido predimensionamento preliminar da instalação de Iracemápolis, já indicou a ordem de grandeza da economia total dos investimentos.

No prosseguimento das investigações na instalação piloto do Cambuí, paralelamente ao dimensionamento da instalação pioneira de Iracemápolis, constatou-se que alguns dos referidos parâmetros adotados inicialmente, tais como: tempos de detenção e índices de potências aplicada, eram bastante conservadores. Apesar disso, diante do porte extremamente reduzido das instalações e da perspectiva de um breve adensamento populacional na bacia drenada para o local onde se instalará a depuradora pioneira, resolveu-se manter o mesmo coeficiente de segurança (ainda que bastante elevado) para que se ampliasse a flexibilidade do funcionamento indispensável a esse segundo nível de investigação, predominantemente operacional, numa unidade de maior porte.

*
Em termos práticos, não houve a preocupação de tornar mais compacta a instalação geral, em termos de área total ocupada. Ao contrário, procurou-se afastar cada unidade das demais para que criassem os espaços intermediários necessários as eventuais modificações estruturais.

Em termos teóricos, não serão exibidos "modelos matemáticos, derivadas, equações diferenciais ou integrais", não só porque os fenômenos se têm apresentado, até agora, em sua forma mais singela, como também porque ainda não houve tempo suficiente para que os especialistas formulassem teorias mais abrangentes, complexas e dignas da atual evolução dos conhecimentos científicos, evidentemente indispensáveis. Depois da inevitável etapa das formulações, em futuro um pouco mais remoto chegará a da sintetização, possivelmente através de alguma equação semelhante à que relaciona matéria com energia através do simples quadrado da velocidade da luz. Até lá...

De imediato, prevê-se o inconveniente maior de frequentes extrapolações de valores, principalmente hidráulicos, contidos nos gráficos e tabelas dos textos clássicos que cuidam do tratamento convencional dos esgotos em estruturas de grande porte.

No caso da instalação pioneira de Iracemópolis, a concepção de cada unidade foi norteadá pela ^{pre}ocupação com os ajustes operacionais, inerentes à sua própria finalidade. As futuras estruturas a serem construídas para o tratamento de todo o esgoto restante da cidade, poderão vir a ser diferentes nos detalhes de diretrizes simplificadas e então consagradas pelo uso mais exaustivo nessa primeira instalação. Análogamente, muitas peças e conexões poderão vir a ser substituídas por dispositivos mais simples e mais baratos.

A publicação desse artigo, que se caracterizaria tanto como trabalho de divulgação técnica como uma quase memória justificativa de ante projeto, tem por finalidade permitir aos interessados nesse assunto de tratamento de esgotos o acompanhamento dos primeiros passos para implantação de uma tecnologia, senão inteiramente nova, ao menos

cuidadosamente arquivada durante os últimos 70 anos.

Evidentemente, com o funcionamento em regime permanente da instalação ora projetada e após os devidos ajustes, previstos ou não, ficarão a disposição dos referidos interessados todos os dados que lhes permitam fazer uma avaliação mais segura dos eventuais acertos e prováveis correções necessárias nas hipóteses de cálculos a seguir apresentadas.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

31 DADOS DA INSTALAÇÃO PILOTO

Durante três meses e a partir de junho de 1985, o processo eletrolítico aplicado na instalação piloto do Cambuí na cidade de Campinas, passou a ser constituído por uma unidade de eletrólise, outra de flocculação e a terceira de flotação e decantação simultâneas, com o fim finalidade de adequar o efluente final ao lançamento em cursos d'água.

Com vazão de, cerca de 0,15 l/s e tempo total de detenção de uma hora (30 minutos na eletrólise e outros tantos na floto decantação após agitação durante menos de 3 minutos), os resultados de algumas análises em amostras de esgoto bruto e respectivo efluente final, mostraram a possibilidade de que se atingissem, nos seguintes parâmetros, reduções de até:

DBO	90%
DQO	90%
Fosfatos	97%
Nitrogênio	70%
Resíduos Sedimentáveis ...	98%
Coliformes	99,999%

Para considerações um pouco mais abrangentes sobre o processo, apresentam-se os dados do Quadro 1, que resumem as informações julgadas mais significativas para uma avaliação preliminar. Evidentemente, esses dados não poderão ser considerados como os definitivos, mesmo porque destaca-se a circunstância de condições operacionais incipientes e que sequer consideraram eventuais estabilizações propiciadas pela entrada do funcionamento das unidades em regime normal e mais prolongado, situações de limpeza das próprias unidades (principalmente quanto ao acúmulo de lodo e espuma nos floto decantadores), etc. Inicialmente, durante o mês de julho, tanto a cal como o sulfato de alumínio, tradicionalmente usados no tratamento da água, também foram considerados indispensáveis para flocculação do efluente eletrolítico. Posteriormente, constatou-se que apenas a agitação era, verdadeiramente, imprescindível. De qualquer maneira e em termos da qualidade do efluente, os índices já indicam a competitividade, se não nítida superioridade, desse processo eletrolítico em relação à

QUADRO 1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EFLUENTE ELETROLÍTICO - INSTALAÇÃO PÍLOTO-CAYBUI
 SOB DIFERENTES REGIMES DE FUNCIONAMENTO.

DISCRETIV.	09.07.85			18.07.85			29.08.85			24.09.85			30.09.85			09.10.85						
	EBR	EFL (L ³)	Red	EBR	EFL (L ³)	Red	EBR	EFL (L ³)	Red	EBR	EFL (L ³)	Red	EBR	EFL (L ³)	Red	EBR	EFL (L ³)	Red				
E33	295	106	64%	238	99	58%	199	51	74%	20	20	90%	294	86	71%	200	88	56%	269	81	70%	
D20	550	188	67%	651	161	75%	427	222	48%	45	45	89%	537	148	73%	1622	205	87%	626	248	60%	
Fosfato total	4,28	0,5	88%	0,41	0,74	89%	14,5	5,7	61%	0,4	0,4	97%	2704	0,385	86%	5,59	1,03	82%	5,44	0,73	87%	
Nitrog. total	45,	30	33%	45	27	60%	76	59	22%	23	23	70%	-	-	-	-	-	-	12,2	8,7	28%	
Ferro	-	-	-	2,58	3,32	+29%	1,10	80,7	+5500%	9,39	+850%	12%	0,70	1,34	+191%	-	-	-	-	-	-	
PH	8,9	9,7	+41%	5,5	6,7	+22%	8,27	8,79	+6%	7,98	12%	6,6	7,7	+2%	6,7	7,2	+22%	-	-	-	-	
Cond. total	3.10 ⁸	2,3.10 ⁷	(8*)	-	-	-	7.10 ⁸	1,7.10 ⁸	(9*)	5.10 ⁵	(11*)	8.10 ⁸	8.10 ³	(13*)	2,2.10 ⁸	2,2.10 ⁸	(15*)	7.10 ⁷	1,6.10 ⁸	(17*)	-	-
Cond. fecal	3.10 ⁸	2,3.10 ⁷	(8*)	-	-	-	5.10 ⁷	3,0.10 ⁵	(10*)	3.10 ⁴	(12*)	8.10 ⁸	2.10 ³	(14*)	5.10 ⁷	4.10 ²	(16*)	5.10 ⁷	1,6.10 ⁸	(18*)	-	-
Nitrog. Org.	22,8	8,5	72%	25,5	6,05	76%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
?? Sol. Amal.	2381	2382	-	2572	2573	-	51083	51084	-	51085	-	3789	3800	-	3922	3924	-	4082	4083	-	-	

LEGENDA:

- 1*) Eletrol = 30 min Fl. Dec = 30 min Cal = 10 ppm
- 2*) Eletrol = 30min Fl. Dec = 60 min Cal. = 10 ppm Sulf Al = 10 ppm
- 3*) Eletrol = 30 min Fl. Dec = 0 min
- 4*) Eletrol = 30 min Fl. Dec = 30 min
- 5*) Eletrol = 30 min Fl. Dec = 30 min
- 6*) Eletrol = 15 min Fl. Dec = 30 min
- 7*) Eletrol = 05 min Fl. Dec = 02 min
- 8*) -99,99924%
- 9*) -99,75715%
- 10*) -99,4%
- 11*) -99,92956%
- 12*) -99,54%
- 13*) -99,5%
- 14*) -99,975%
- 15*) -99,999%
- 16*) -99,9992%
- 17*) 4,97,774%
- 18*) <99,686%

maioria dos convencionais biológicos, mesmo quando estendidos, quimicamente, até o nível terciário do tratamento (remoção de fósforo e nitrogênio, por exemplo).

B2 DESPEAS OPERACIONAIS

Dentre as despesas operacionais comumente citadas como mais significativas, destacam-se o desgaste de eletrodos de aço comum (1010) e o consumo de energia elétrica.

Quanto aos eletrodos, deverão ser investigados ligas especiais mais resistentes ao desgaste eletrolítico, ou sistemas de proteção que propiciem o aumento da sua vida útil.

A instalação piloto tem sido operada mais frequentemente com o índice de 1 kW/l.s⁻¹ (0,280 kWh/m³ de esgoto tratado). Entretanto, o menor espaçamento entre eletrodos da mesma instalação já demonstraram que o referido índice poderá ser reduzido até o valor de 0,180 kWh/m³. Além disso, deverão ser iniciados, brevemente, investigações no sentido da otimização do consumo de energia sem prejuízo da qualidade do efluente.

0,65 kWh/l.s⁻¹

Nessas condições, e em resumo, os eventuais argumentos que venham a contrariar as demais vantagens do processo eletrolítico a seguir consideradas, não poderão se basear no consumo de energia.

B3 PERSPECTIVAS DA EVOLUÇÃO DO TRATAMENTO

Desde que admitido o tempo de detenção de apenas 10 horas nos processos convencionais mais utilizados e de até 1 hora no processo eletrolítico, a redução de estruturas e de áreas ocupadas, como reflexo direto da referida diminuição do tempo de detenção, poderá acarretar economia superior a 90% dos investimentos para implantação do tratamento. Até o momento (setembro de 1985), a instalação piloto do Cambuí tem sido operada, quase que exclusivamente, na vazão correspondente a tempo de detenção de 30 minutos na eletrólise e índice de potência aplicada de 1 KWh/l.s⁻¹.

Entretanto, foram feitas algumas rápidas incursões na direção das investigações preliminares para diminuição do tempo de eletrólise. Como premissa básica, manteve-se o mesmo índice de 1 KWh/l.s⁻¹. Nessas condições, os resultados das análises efetuadas nas amostras dos dias

30 de setembro a 8 de outubro (Quadro I) mostram que os tempos de detenção (custos das estruturas) poderão ser diminuídos desde que se aumente a potência efetivamente aplicada (mantendo-se, entretanto, o mesmo consumo de energia, ou o valor do referido índice).

Assim após estabelecimento dos limites práticos impostos por questões de engenharia, o tempo de detenção ótimo poderá vir a ser definido através de considerações puramente econômicas.

4 PERPECTIVAS DE NOVA CONCEITUAÇÃO GERAL

Não fica aí, apenas na redução dos custos para implantação do tratamento, a vantagem substancial do processo eletrolítico: as instalações extremamente compactas (em relação às biológicas), além de facilmente operáveis, poderão vir a ser bastante automatizadas.

Nessas condições, abre-se uma perspectiva enorme para que se altere a concepção básica da coleta dos esgotos urbanos (onde se concentra a maior parte dos recursos para a construção do sistema geral: coleta e tratamento): desaparecem ou ficam reduzidas as extensões, ou o porte, ou mesmo a necessidade dos grandes diâmetros nos coletores tronco, dos longos emissários, dos difíceis interceptores e das sofisticadas Estações Elevatórias.

5 ESCOLHA DA CIDADE

A escolha de uma cidade de pequeno porte (cerca de 10.000 habitantes) para a instalação pioneira, não se prendeu à idéia de que o processo seja adequado somente a elas. Ao contrário, já se vislumbra, como premissa fundamental das novas concepções de sistemas urbanos de esgotamento sanitário, que a cidade grande deve ser entendida como um aglomerado de pequenas, mesmo quando levada ao extremo, na "deseconomia de escala", das megalópolis que até chegaram a entusiasmar, tempos atrás, a patriótica vaidade de alguns urbanistas mais afoitos. Sendo pequena a cidade, como é o caso de Iracemápolis, a solução de uma parte (1 l/s) do seu esgoto já terá significado representativo (5%) em relação ao total coletado (20 l/s).

Outro fator que favoreceu a escolha foi a existência de estruturas atualmente abandonadas para o tratamento convencional dos esgotos e que poderão vir a ser incorporadas à nova solução, provavelmente após ligeiras adaptações de mínimo custo, ou utilizadas em várias investi-

gações de natureza predominantemente comparativa com o processo eletrolítico.

As extensas plantações de cana, a partir do limite urbano da cidade, despontam não só como circunstância favorável ao destino final do lo do no solo, mas também como uma possibilidade muito oportuna de contar com o apoio de uma mentalidade agro-industrial na respectiva usi na de álcool, para esse reuso de fertilizantes de origem urbana que, até agora, perdulária e irracionalmente, têm sido lançados em cursos d'água.

Soma-se às anteriores, a circunstância de uma efetiva preocupação da política municipal com o saneamento, traduzida pelo destaque específico de dois bilhões de cruzeiros na programação do orçamento do próximo ano. Esses recursos dariam início a uma solução clássica para o grave problema da cidade, através do afastamento dos esgotos em problemático emissário/interceptor com 3 Km e tratamento em lagoa de estabilização longe das atuais limites urbanos.

Finalmente, como fator não menos decisivo da escolha, destaca-se a existência do "Curso Superior de Tecnologia Sanitária" da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP -, na cidade de Limeira e a cerca de 10 Km de Iracemápolis. De acordo com entendimentos entre a Prefeitura Municipal e a direção daquela Escola, a instalação pioneira será considerada, de imediato, como um laboratório experimental para formação acelerada e urgente de um número mínimo de técnicos devidamente habilitados e necessários à operação das novas instalações que venham a ser implantadas no Estado.

6 A DECISÃO POLÍTICA DO FAZER

Essas considerações foram apresentadas ao Sr. Benedicto Fabrício, prefeito da cidade de Iracemápolis, que já se resignara a destacar verbas da ordem de dois bilhões de cruzeiros no orçamento municipal do próximo ano de 1986, para a execução de um emissário/interceptor com cerca de 3 Km, desde a Estação de tratamento dos Esgotos, atualmente abandonada, até uma lagoa de estabilização a ser construída fora dos limites urbanos da cidade.

Após uma visita a instalação piloto do Cambuí onde, juntamente com o engenheiro Paulo César Demarchi, questionaram-se os mais diversos as pectos técnicos e detalhes executivos e operacionais do sistema, foi

tomada a decisão de adotar o processo eletrolítico em Iracemópolis.

Na coragem que a enaltece e na prudência que caracteriza a boa administração pública, ficou decidida a construção de uma unidade menor (cerca de 1 l/s) mas que constituísse a solução definitiva do tratamento dos esgotos dos loteamento situados a jusante da ETE atualmente abandonada. Esse investimento dificilmente atingirá a cifra de 350.000 ORTN (Cr\$ 20.000.000.00).

A interpretação direta de alguns parâmetros referentes aos esgotos de uma parte da própria cidade, bem como os ajustes operacionais certamente necessários nessa instalação pioneira, permitirão o estabelecimento de diretrizes mais convenientes ao tratamento do esgoto restante (cerca de 20 l/s) convergente para o local da ETE abandonada e dela atualmente desviado para um pequeno córrego próximo, sem qualquer tratamento.

Assim, o poder municipal estabelece a diretriz básica do aproveitamento dos recursos públicos já investidos, mesmo que temporariamente desativados, para que se minimizem os novos investimentos necessários; isso na mais sábia e louvável política de contenção extrema, sem estagnação absoluta. Os técnicos aplicarão as soluções mais adequadas e que atendam aquela premissa fundamental.

C 3- DIMENSIONAMENTO E CONCEPÇÃO

Na falta de uma teoria já consagrada e devidamente experimentada no tratamento dos esgotos por eletrólise, bem como porque os investimentos para implantar a instalação pioneira da Iracemápolis são extremamente reduzidos, o seu dimensionamento poderá ser feito com coeficientes de segurança suficientemente elevados e que compensam a eventual ignorância sobre alguns aspectos de vários fenômenos que interferem, em intensidade ainda desconhecida, no novo processo.

De qualquer maneira, não são o baixo custo como a grande flexibilidade demonstrada na operação da instalação piloto do Cambuí, respaldam essa iniciativa da implantação, já em caráter definitivo, de uma unidade cerca de 5 vezes maior, para a investigação simultânea de parâmetros mais precisos a serem usados em novos projetos, bem como para a otimização operacional mediante ajustes a se efetuarem nessas unidades ainda de pequeno porte.

C 1- POPULAÇÃO E VAZÕES

Os Jardins Hermínio Demarchi e São Sebastião têm, respectivamente, cerca de 200 e 50 lotes. Dos 115 lotes efetivamente ocupados, apenas dois encontram-se no segundo loteamento. São pequenas as possibilidades de novos loteamentos na mesma bacia, ao menos a curto prazo.

Assim, a população atualmente atendida por essa rede de esgotos é de cerca de: $5 \times 115 = 575$ habitantes.

Um trabalho relativamente recente (1979) da CETESB: "Consumo médio de água per capita e coeficientes da variação diária e horária" indicou, para Iracemápolis, o valor médio de cerca de 150 l/hab. dia. Admitindo-se que 70% dessa água fornecida seja encaminhada para a rede de esgotos, a contribuição média per capita seria de 100 l/hab. dia. Nessas condições, a vazão média de esgotos a ser tratada atualmente será de 0,67 l/s (57,5 m³/dia).

Com o valor de 1 l/s adotado para o dimensionamento, atendem-se, ao menos em parte, as variações mensais e diárias. De pequeno va

lor prático seriam as considerações sobre outras variações (horárias e mesmo instantâneas) das vazões em torno de valores médios (anuais, por exemplo), quando se desconhecem, com a mesma precisão formal, a própria capacidade de absorção dessas variações pelo processo eletrolítico proposto em suas diferentes unidades constituintes: de eletrólise, de floculação e de floto decantação.

C2 (Pag, seguintes 12 e 13)

C13- CALHA ELETROLÍTICA

Embora já se tenha constatado, na instalação piloto, que 15 minutos de eletrólise são suficientes à preparação do efluente para uma eficiente floculação, resolveu-se adotar um tempo maior, de 30 minutos, não só porque seriam desprezíveis as diferenças de custos nessa pequena unidade, mas também porque, assim fazendo, poderão ser absorvidos, com maior facilidade, os provavelmente insuficientes coeficientes de variação (diário e horário) de vazão adotados.

. Nessas condições, o volume de $1,8 \text{ m}^3$ ($1 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$) correspondente a um tempo de detenção de 1/2 hora, poderá ser conseguido numa calha que tenha:

- . largura constante = 0,40 m
- . profundidade média = 0,55 m
- . comprimento total = 8,00 m

. Em lugar de uma calha contínua, a estrutura foi dividida em duas partes iguais e de maneira que funcionassem em paralelo para vazão total superior a 0,5 l/s. Essa disposição física objetiva a redução do consumo de energia elétrica já que uma das calhas será desativada automaticamente quando a vazão total de entrada do esgoto bruto for inferior a 0,5 l/s.

. Em cada calha, a eletrólise propriamente dita será efetivada em cerca de apenas 4,00 m. Os espaços restantes, até os 6,00 m externos, correspondem a espessura de paredes, câmaras de entrada, de distribuição de vazões e de saída.

. Nas condições normais de operação, a comporta da câmara de entrada (em linha cheia) encaminhará todo o esgoto para a calha eletrolítica nº 1. Somente em situações excepcionais (de manu-

(segue pag 14)

C2

- GRADE E CAIXA DE AREIA

Da maior importância para o melhor funcionamento da calha eletrolítica, imediatamente subsequente ao fluxo do esgoto a ser tratado, será a instalação, a montante dela, de uma grade de barras verticais com espaçamento de 1 cm.

Com isso, dificulta-se a passagem de corpos flutuantes de maiores dimensões (trapos, plásticos, etc) que ficariam retidos entre os eletrodos, de onde seriam removidos com maior dificuldade.

A caixa de areia tem por finalidade reter proporções eventualmente significativas de partículas sólidas de maior densidade principalmente por ocasião das chuvas mais intensas, e que tornariam mais frequentes os esvaziamentos totais da calha eletrolítica para a remoção desse material depositado em seu fundo.

As estruturas indicadas no desenho 1 foram estabelecidas pelas seguintes considerações.

A caixa de maior comprimento (2,50m) e menor largura (10 cm), de secção retangular, foi dimensionada segundo os parâmetros e princípios tradicionais para estruturas análogas que antecedem as unidades do tratamento biológico convencional.

As próprias dimensões obtidas, principalmente em termos de profundidade (40 cm) e largura (10 cm), já apontam os inconvenientes: operacionais (dificuldade para a remoção manual da areia depositada no fundo da unidade) e construtivos (dificuldade para a execução do indispensável acabamento no revestimento interno das paredes. Essa última dificuldade poderá ser dividida ao meio com a sugestão apresentada pelo Sr. Francisco Pinto de Assis, encarregado da construção em Iracemápolis: acabamento final interno de apenas uma das paredes, antes da construção da outra. É a primeira manifestação prática do jeitinho brasileiro..

A caixa de menor comprimento (1.50 m), de secção trapezoidal com maior largura (variável e maior que 20 cm), foi definida pelas seguintes considerações:

- . facilitar a limpeza (maior largura)
- . não reter partículas muito reduzidas (areia fina) ou de pequena densidade (matéria orgânica), apesar dos valores menc-

- res da velocidade de escoamento (maior largura), devido ao comprimento menor do trecho de sedimentação.
- dispensar o vertedor de saída pois a velocidade será mantida, dentro de certos limites, pela variação da área da seção transversal do escoamento.
- os ajustes operacionais, quanto a eventual remoção indesejável de maiores quantidades de matéria orgânica, poderão ser feitos facilmente com a instalação de uma prancha de madeira, também inclinada e no sentido longitudinal do escoamento, conforme indicado no des. 1. Duas comportas em cada calha permitirão o isolamento de cada uma para a limpeza ou manutenção na outra.

03 - CAIXA ELETROLÍTICA

(continuação p. 05 II)

tenção mais prolongada, por exemplo), deslocando-se a referida comporta para a outra posição (indicada em linhas pontilhadas) e após o fechamento do respectivo registro de saída, será efetivado o isolamento total da calha nº 1 e o consequente funcionamento exclusivo da calha nº 2 (ver desenho nº 2).

. O funcionamento da calha nº 1 atenderá às seguintes condições:

a) Um vertedor retangular na cortina de entrada e com largura menor que a da calha, fará com que seja ampliada a elevação do N.A na câmara de distribuição com o aumento da vazão total de esgoto. Para a largura de cerca de 20 cm, o N.A a montante desse vertedor ficará cerca de 1 cm acima de sua soleira, quando a vazão for de 0,5 l/s. Assim e para essa vazão, o N.A na câmara de distribuição atingirá a cota - 7 cm abaixo da borda superior das paredes externas, quando a soleira do vertedor estiver na cota - 8 (8 cm abaixo da borda). A determinação mais precisa da vazão na calha nº 1 será feita no vertedor triangular da sua cortina de saída. Os devidos ajustes de vazão serão feitos pela variação da largura do escoamento no vertedor retangular de entrada. Esse ajuste será facilitado pelo deslocamento horizontal de uma capa metálica móvel (det. ldes. 2), a qual será fixada após medições na própria unidade, no início de sua operação.

b) O N.A na câmara de eletrólise propriamente dita, a jusante do vertedor de entrada, será mantido abaixo da cota 10 (10 cm abaixo da borda das paredes e 2 cm abaixo da soleira do vertedor de entrada) por um vertedor triangular (90º; Thompson) instalado na cortina de saída com soleira na cota 14,5 cm. Para eventuais sobrelevações do N.A na câmara de eletrólise, para remoção mais acelerada de espuma, por exemplo, poderá ser instalada uma capa, também triangular, no vertedor de saída (ver detalhe 2, do desenho 2).

?
como
c) Inicialmente, os eletrodos de colmeia nº 1 não serão desligados, mesmo para vazões bastante inferiores a 0,5 l/s. Posteriormente e dependendo da análise de condições locais, algumas das colméias poderão vir a ser desligadas, automaticamente e em função do N.A abaixo de certa cota (vazão) no vertedor de saída.

1 - 27

. O funcionamento da calha nº 2 será feito nas seguintes condições:

- a) Quando a vazão total de chegada do esgoto bruto ultrapassar o valor 0,5 l/s, o N.A na câmara de chegada tenderia a se elevar além da cota 7; entretanto, acima desse nível, o esgoto excedente será encaminhado para a outra calha eletrolítica (nº 2), através da soleira da parede de separação entre elas, rebaixada até a cota 7 na câmara de chegada (corte B.B), e da "calha coletora de vazão excedentes" cujo bordo superior ficará na mesma cota (corte DD edet.3,des.2)
- b) A calha nº 2 não terá cortina de chegada, pois todo o esgoto excedente deverá ser submetido à eletrólise.
- c) O N.A na câmara de eletrólise será mantido por um vertedor retangular (larg. = 20 cm e soleira na cota 11) instalado na cortina de saída. Para a vazão de 0,5 l/s nessa calha nº 2, o seu NA ficará na cota 10. Para eventuais sobrelevações do NA na câmara de eletrólise (com a finalidade de remoção mais acelerada de espuma, por exemplo) poderá ser instalada uma capa metálica móvel na soleira do vertedor retangular (à semelhança do detalhe 2 no desenho 2) ou diminuída a largura de escoamento através do mesmo sistema previsto na entrada de calha nº 1 (detalhe 1 no des. 2).
- d) Os eletrodos da calha nº 2 serão desligados, automaticamente, quando a vazão total de entrada for inferior a 0,5 l/s pois, nessas condições, toda ela escoará pela calha nº 1.

Ao passar para a calha nº 2 e o N.A atingir a cota 11, o esgoto cairá na câmara de saída através do respectivo vertedor retangular. Um pouco antes, ao ser atingida a cota 13 por exemplo, uma chave de boia ligará o sistema elétrico de alimentação desses eletrodos. Com a redução da vazão total para valores inferiores a 0,5 l/s, o N.A de calha nº 2 cairá até a cota 11 (pelo escoamento através do vertedor) e, mais lentamente, até abaixo da cota 20, através de um pequeno orifício ($\emptyset < 1/2"$, por exemplo) na cortina de saída e logo abaixo desse nível. Ao ser atingida a cota 20, a chave de boia desligará o sistema elétrico.

Nessas condições, o esgoto retido na calha nº 2 durante os períodos de baixa vazão, já terá sofrido a ação eletrolítica e não apresentará problemas de odores.

O único cuidado operacional será uma verificação periódica das necessárias condições de desobstrução do referido orifício, imediatamente visível através da câmara de saída.

- . Os arranjos e disposições acima descritos tiveram por objetivo não só a economia operacional com energia (2 calhas), como também, e principalmente, a menor perda de cotas disponíveis na calha eletrolítica, para que se reduzissem as escavações nas estruturas subsequentes (floculador e flotodecantador) a serem implantadas em terreno relativamente plano e de baixa consistência às margens do riacho.
- . O N.A das duas câmaras de saída será estabelecido pelas condições hidráulicas do escoamento nas unidades a jusante das calhas eletrolíticas: de floculação e de flotodecantação.
- . Durante a limpeza de cada calha e para a remoção (por jato d'água) da pequena quantidade de material que venha a depositar na câmara de distribuição da calha nº 1, será feita uma pequena abertura ($\phi < 1/2"$, por exemplo) na parte inferior da cortina de entrada.
- . Concluídos os devidos ajustes durante uma fase inicial de operação da própria unidade, e após determinação mais precisa dos valores das vazões e dos níveis efetivos e desejáveis, as cortinas de entrada e de saída poderão ser substituídas por estruturas fixas.
- . A espuma formada diretamente acima dos eletrodos será retirada, senão continua ao menos frequentemente, através das saídas laterais abertas no bordo superior das paredes externas. Eventualmente, o escoamento de uma parte da espuma terá que ser induzido mecânica e manualmente, uma ou duas vezes por dia, já que esse material se apresenta com característica peculiar de secagem muito rápida. Assim, poderá mostrar-se mais conveniente que o nível de saída da espuma também possa ser ajustado durante a operação através, por exemplo, de vertedor com soleira móvel e movimentada por meio de parafusos verticais externos. Futuramente, quando desejada a maior automatização do sistema, poderá vir a ser utilizado um raspador de superfície, com acionamento eletromecânico. Pe

quenas canaletas externas coletarão e encaminharão essa espuma até o local da disposição final.

- A unidade de eletrólise deverá ser coberta para que a espuma superficial não venha a ser dissolvida por efeito das chuvas.
- O diâmetro da tubulação de saída do efluente da calha eletrolítica deverá ser compatível apenas com a carga hidráulica disponível até o flocculador. Qualquer agitação maior nesse efluente será vantajosa e até coerente com a função da unidade subsequente, de flocculação.
- A limpeza interna da calha será feita através da descarga instalada no fundo da extremidade de jusante e com auxílio de jatos de água sob pressão. Com o tratamento preliminar através de grade e caixa de areia, é provável que essa limpeza venha a ser necessária em períodos superiores a 24 horas.
- A cortina perfurada de entrada, terá por finalidade dissipar o excesso de energia do esgoto afluente e, principalmente, melhor orientá-lo para o escoamento entre os eletrodos da primeira colmeia da respectiva calha.
- Futuramente, poderão ser instalados simples defletores laterais, de superfície e de fundo, ou mesmo agitadores mecânicos abaixo dos eletrodos, com a finalidade de promoverem a agitação do esgoto durante a fase de eletrólise. A forma de eletrodos não planos e o seu arranjo no interior da calha, poderão constituir os recursos mais simples para efetivação da pleiteada agitação. Dessa maneira, será intensificada a flocculação imediata das partículas que, assim, certamente serão removidas em maior quantidade na flotação direta e no interior da própria calha eletrolítica.

retirar do material puro

C.14- ELETRODOS

Os eletrodos de 0,40 X 0,40 m serão construídos com chapa de aço comum (1010, por exemplo) de 3/16" (4,76mm). Em cada conjunto de eletrodos (colmeia), o espaçamento entre chapas será de 10 mm. (analogamente à de melhor funcionamento dentre as três colmeias

da instalação piloto do Cambuí, em termos de formação de espuma e de potência instalada).

Sendo: $N = n^{\circ}$ de eletrodos por colmeia:

$$400\text{mm} = \text{largura calha} = 4,76 n + 10 (n+1) \therefore n = 26,5$$

. n adotado = 25 \therefore folga entre calha e colmeia = 41mm

. peso eletrodo = $0,40 \times 0,40 \times 0,00476 \times 7800 \approx 6 \text{ Kg}$

. peso colmeia = $6 \times 25 = 150 \text{ Kg}$

- Na fixação dos eletrodos, o diâmetro dos furos das chapas deverá ser um pouco maior que o diâmetro externo do tubo de PVC, 1/2", que reveste o tarugo de aço com rosca nas extremidades. Os espaçadores entre eletrodos (10mm) serão obtidos pelo corte, na referida dimensão, de um tubo de PVC de 3/4". Com a furação indicada no desenho, o deslocamento horizontal de 2 cm entre eletrodos consecutivos permitirá o conveniente isolamento do barramento elétrico e fará com que a área útil (eletricamente) de cada eletrodo seja de :

$$0,40 \times 0,38 \text{ m} = 0,152 \text{ m}^2$$

- Conforme foi mencionado no item A2, a instalação piloto tem sido operada mais frequentemente na condição de 1 KW/l.s^{-1} ($Q=0,12\text{l/s}$, 10V e 12A), embora as suas duas primeiras colmeias não sejam iguais à terceira.

Diante da absoluta falta de dados que permitissem fazer comparações e extrapolações com aqueles disponíveis, porém referentes aos esgotos da instalação piloto do Cambuí, efetuaram-se vários testes de campo com o esgoto bruto da própria cidade de Iracemápolis. Entre 11 horas do dia 4 e 8 horas do dia 5 de setembro de 1985, inclusive durante a madrugada, os oito testes foram efetuados com uma pequena colmeia (11 eletrodos de 10X11 cm; espaçamento de 10 mm) alimentada por bateria de 12V (2V por elemento). Os resultados obtidos permitiram admitir, com suficiente margem de segurança, a hipótese de que, mesmo sob condições de forte diluição do esgoto bruto na época das chuvas, a densidade de corrente (dc) de 6 A/m^2 poderá ser obtida com tensão de até 3V entre dois eletrodos consecutivos e com espaçamento de 10 cm entre si. Com essa densidade de corrente, a terceira colmeia da instalação Piloto do Cambuí apresentou resultados (principalmente em termos

de formação de espuma e de consumo de energia) plenamente satisfatórios e bastante melhores que os obtidos nas outras duas colmeias (espaçamento de 16 mm entre eletrodos)

Assim, para:

- . $dc = 6A/m^2$
- . $T_{colm.} = 3V$
- . $pot. espec. = 1KW/l.s^{-1}$,

calculam-se os seguintes valores:

- . $i \text{ eletrodo} = 6 A/m^2 \times 0,152 m^2 = 0,9A/eletrodo$
- . $I_{colm.} = (n-1) i = 24 \times 0,9 = 22 A/colmeia$
- . $pot. colm. = 3 \times 22 = 66 W/colmeia$
- . $n^{\circ} \text{ total colmeias} = 1000/66 \approx 15 \text{ colmeias}$

Por razões construtivas e operacionais, adotaram-se 8 colmeias em cada calha. Nessas condições:

- . $n^{\circ} \text{ total de colmeias} = 16$
- . $n^{\circ} \text{ total de eletrodos} = 16 \times 25 = 400$
- . $\text{peso total de eletrodos} = 400 \times 6 = 2400 \text{ Kg}$
- . $T \text{ calha} = 3 \times 8 = 24V \text{ (8 colmeias em série)}$
- . $I \text{ calha} = 22A \text{ (colmeias em série)}$
- . $pot. aplicada/calha = 22 \times 24 = 528W$
- . $pot. total aplicada = 2 \times 528 = 1056W$

Segundo informações técnicas do início do século (Engineering News - Vol. 67, nº 12, p 532 - 21 de março 1912) o desgaste dos eletrodos de ferro poderá ser bastante diminuído se o bordo superior de cada chapa for revestido, até cerca de 1 cm de cada lado, com uma fina folha de cobre. Facilitando a montagem, essa folha poderá ser substituída por um fio de cobre de mesma espessura que a chapa, soldado no bordo superior. Encontram-se também (Engineering News-Record; 18/9/1919; p 569) referências à aplicação de cal (30 ppm) ao esgoto bruto, com o mesmo resultado de retardamento do desgaste.

Com a inversão diária da polaridade da ligação elétrica dos eletrodos, ocorrerá um desprendimento de crostas que aderem em pla

cas alternadas durante a operação, bem como uniformização do desgaste.

- . A suspensão das colmeias deverá ser feita com quatro chapas estreitas (cerca de 10 cm), eventualmente do mesmo material dos eletrodos, dobradas a 90º na parte superior para apoio no bordo das paredes externas da calha e de tal maneira que, cada uma e simultaneamente, sustente a extremidade externa de dois tubos de fixação dos eletrodos (des.2).
- . A movimentação (instalação, retirada ou deslocamento) de cada colmeia (150 Kg) será facilitada por roldanas montadas em estrutura simples e deslocável acima das colmeias.

25- SISTEMA ELÉTRICO

- . As oito colmeias de cada calha entrarão em funcionamento simultâneo pois são ligadas em série; a corrente contínua de 22A será obtida com uma tensão de cerca de 24V (3V/colmeia X 8 colmeias em série). Com a entrada em operação da outra calha, será atingido o valor total da potência aplicada, pouco superior a 1 KVA.
- . Como a condutividade do esgoto bruto sofrerá variações de amplitude máxima ainda não definida com suficiente segurança, a fonte de alimentação do sistema elétrico deverá permitir a maior flexibilidade operacional do sistema. Assim, embora a tensão de 24V atenda à condição de diluição bastante desfavorável quanto à condutividade, o sistema elétrico deverá prever a necessidade de tensões ainda maiores nas 8 colmeias de cada calha, mesmo que os valores das respectivas correntes fiquem limitados pela capacidade total da potência realmente instalada.
- . A fonte de corrente contínua será constituída por um transformador de 2 KVA de potência com tensões de 220/50V. Um variador de tensão de 0 a 220V, permitirá a obtenção do valor adequado da tensão de saída, a ser estabelecido no local e após interpretação dos resultados operacionais nas próprias unidades. Na saída do transformador serão ligados 6 (seis) diodos retificadores de silício que converterão a corrente alternada para contínua. Além desses equipamentos teremos os acessórios auxiliares do sistema tais como: proteção contra curto circuito e me-

dição de energia em corrente alternada, além dos aparelhos de medição em corrente contínua: voltímetros e amperímetros, fundamentais para o devido controle do processo.

- Em futuro talvez não muito remoto, o atual sistema elétrico de alimentação dos eletrodos (transformador e retificador de corrente) poderá vir a ser substituído, ao menos durante algumas horas do dia, por fontes alternativas de geração de corrente contínua em baixas tensões: painéis fotovoltaicos ou geradores eólicos.

616- FLOCULADOR

A unidade de floculação na instalação piloto do Cambuí tem funcionado com tempo de detenção entre 2 e 3 minutos. A agitação da massa líquida do esgoto eletrolizado tem sido feita por meio de três pás movidas mecânicamente (50 a 80 rpm) ou por ar comprimido introduzido no fundo do tanque em quantidade apenas suficiente para que o surgimento de bolhas superficiais seja perceptível, mas não, necessariamente, excessiva.

No caso da instalação pioneira de Iracemápolis, foi adotado o tempo de detenção de 5 minutos numa estrutura de 300 l com as seguintes dimensões internas:

- largura: 0,40 m (idêntica à da calha eletrolítica),
- profundidade média = 0,50 m
- comprimento = 1,50 m

A agitação poderá ser feita, hidraulicamente, no escoamento horizontal através de chicanas, com a vantagem de eliminarem-se equipamentos eletromecânicos.

O espaçamento ótimo entre as chicanas deverá ser determinado na própria instalação pioneira de Iracemápolis, já que as reduzidas dimensões da instalação piloto de Campinas não aconselham o estudo suficientemente preciso do parâmetro. Por outro lado, a literatura técnica fartamente disponível, trata dessa questão para outros fluídos totalmente diferentes do efluente eletrolítico e recomenda tempos de detenção de cerca de 30 minutos que são, no caso, evidentemente excessivos.

A utilização de placas bastante onduladas (certos tipos de te-

lhas de fibrocimento ou de PVC, por exemplo) como chicanas, em lugar de placas planas, fará com que o escoamento se faça em regime mais turbulento e coerente com o principal objetivo previsto para essa unidade: aumentar a probabilidade do encontro das partículas com carga elétrica superficial decorrente da passagem entre os eletrodos.

Em termos práticos, a modificação da posição das chicanas até que, eventualmente, se atinja o funcionamento satisfatório da unidade, será facilitado pelos detalhes construtivos indicados no desenho 3.

No caso de problemas operacionais, especialmente devidos a retenção excessiva de espuma na unidade, todas as chicanas poderão ser removidas e, na mesma estrutura, instalados agitadores mecânicos com diversas velocidades. Além disso, conforme resultados igualmente satisfatórios obtidos na instalação piloto, a referida agitação também poderá ser feita com ar comprimido injetado ao longo de todo o floculador através de tubos perfurados.

A tubulação de saída e interligação dessa unidade com o flote decantador, deverá ser instalada superficialmente, abrangendo a camada superficial de provável formação de espuma, e deverá ter diâmetro suficientemente grande para que a velocidade de escoamento não quebre os flocos recentemente formados no floculador e que serão retirados no flote decantador.

O engenheiro Waldo Lima Vidal, da Gerência de Assistência aos Municípios da CETESB em São Paulo, fez uma análise do provável comportamento hidráulico de um floculador de placas planas e com os seguintes espaçamentos entre chicanas: 2 cm, 3 cm e 5 cm. Os resultados desse estudo, que permitem uma avaliação da ordem de grandeza das perdas de carga, encontram-se resumidos abaixo:

Trecho	Espaçamento entre chicanas (cm)	V (m/s)	Perda de carga (cm)	Gradiente velocidade (s^{-1})
1	2	0,100	4,51	71
2	3	0,067	1,38	39
3	5	0,040	0,25	17
Total	-	-	6,14	-

C-7- FLOTODECANTADOR

Analogamente ao dimensionamento da calha eletrolítica, embora já se tenha observado, na instalação piloto do Cambuí, que a unidade de flotação e decantação pode produzir um efluente de qualidade ainda razoável mesmo com tempo de detenção de apenas 15 minutos, adotaram-se 30 minutos para o flotodecantador de Iracemópolis.

Para a vazão de 1 l/s = 3,6 m³/h, o volume útil correspondente a cerca de 1/2 hora de detenção, poderá ser obtido com as seguintes dimensões internas: 2,20 X 1,20 X 0,75 m na região de flotação propriamente dita. Deverão ser previstos volumes adicionais para o acúmulo de lodo no fundo da unidade.

Inicialmente e atendendo as conveniências das investigações iniciais, serão construídas três unidades de flotodecantação, ficando uma como reserva para as ocasiões de limpeza ou manutenção nas outras. Em termos operacionais, bastariam duas unidades para o atendimento das vazões atuais de esgoto bruto coletado.

- . Na primeira unidade de flotodecantação (Tipo A), o fundo com forma de dois troncos de pirâmide invertidos, tomou por base disposições gerais de unidades convencionais de funcionamento já consagrado para lodo comum. Espera-se o maior adensamento do lodo a ser retirado através de duas descargas de fundo, independentes. Essa disposição das câmaras de lodo tem por objetivo reduzir não só a profundidade de escavação para construção da unidade, como também a de saída do lodo. (des.3)
- . Na outra unidade (Tipo B), o fundo terá forma prismática e um único tubo perfurado para a descarga periódica do lodo. (des.4)
- . Na terceira unidade de flotodecantação, com as mesmas dimensões externas das duas anteriores, poderá ser verificada a eficiência de uma colmeia tubular de decantação, para o escoamento em sentido ascendente ou descendente, conforme a tendência predominante da flotação ou decantação dos resíduos a serem removidos. Além disso, o estudo das condições de esgotamento do lodo em fundo plano, através de vários tubos perfurados, tem por objetivo fundamental a obtenção de parâmetros indispensáveis ao aproveitamento de unidades existentes e eventualmente

C-7- FLOTODECANTADOR

Analogamente ao dimensionamento da calha eletrolítica, embora já se tenha observado, na instalação piloto do Cambuí, que a unidade de flotação e decantação pode produzir um efluente de qualidade ainda razoável mesmo com tempo de detenção de apenas 15 minutos, adotaram-se 30 minutos para o flotodecantador de Iracemápolis.

Para a vazão de 1 l/s = 3,6 m³/h, o volume útil correspondente a cerca de 1/2 hora de detenção, poderá ser obtido com as seguintes dimensões internas: 2,20 X 1,20 X 0,75 m na região de flotação propriamente dita. Deverão ser previstos volumes adicionais para o acúmulo de lodo no fundo da unidade.

Inicialmente e atendendo as conveniências das investigações iniciais, serão construídas três unidades de flotodecantação, ficando uma como reserva para as ocasiões de limpeza ou manutenção nas outras. Em termos operacionais, bastariam duas unidades para o atendimento das vazões atuais de esgoto bruto coletado.

- . Na primeira unidade de flotodecantação (Tipo A), o fundo com forma de dois troncos de pirâmide invertidos, tomou por base disposições gerais de unidades convencionais de funcionamento já consagrado para lodo comum. Espera-se o maior adensamento do lodo a ser retirado através de duas descargas de fundo, independentes. Essa disposição das câmaras de lodo tem por objetivo reduzir não só a profundidade de escavação para construção da unidade, como também a de saída do lodo. (des.3)
- . Na outra unidade (Tipo B), o fundo terá forma prismática e um único tubo perfurado para a descarga periódica do lodo. (des.4)
- . Na terceira unidade de flotodecantação, com as mesmas dimensões externas das duas anteriores, poderá ser verificada a eficiência de uma colmeia tubular de decantação, para o escoamento em sentido ascendente ou descendente, conforme a tendência predominante da flotação ou decantação dos resíduos a serem removidos. Além disso, o estudo das condições de esgotamento do lodo em fundo plano, através de vários tubos perfurados, tem por objetivo fundamental a obtenção de parâmetros indispensáveis ao aproveitamento de unidades existentes e eventualmente

sub utilizadas, ou mesmo abandonadas, no tratamento convencional, mediante pequenas adaptações orientadas pelos resultados dessa unidade pioneira.

- . Evidentemente e dependendo de cotas disponíveis no terreno próximo, será conveniente que a descarga de fundo se efetue por tubulações reta e com o aproveitamento integral da pequena carga hidráulica acima da camada de lodo.
- . Em todas as unidades previstas, as cortinas de entrada e de saída permitem a formação de uma câmara intermediária, hidráulicamente tranquila, para a subida da parte restante da espuma flotada. A retirada dessa espuma será feita por descarga contínua ou periódica, através de tubulação independente da descarga de fundo (lodo), a ser instalada superficialmente e ao nível de operação normal da unidade.
- . A disposição e o arranjo de saída indicados no desenho nº3 permitem: a medição da vazão tratada, através do vertedor triangular de saída, e a eventual sobrelevação do N.A da unidade, através da instalação temporária de uma capa metálica na cortina de saída, para que se acelere a retirada de espuma.
- . As unidades de flotodecantação deverão ser cobertas para que a formação e adensamento da espuma superficial não venham a ser prejudicadas pelas chuvas.

C18- ESPUMA E LODO

- . As duas primeiras análises químicas realizadas em amostras da espuma formada na calha eletrolítica da instalação piloto de Campinas, em dias diferentes, indicaram:

Nitrogênio	1600 e 550 ppm
Fosfatos	520 e 700 ppm
Potássio	51 e 30 ppm

- . Os exames bacteriológicos indicaram contaminações relativamente fortes:

coliformes totais:	$5 \times 10^8 / 100 \text{ ml}$
coliformes fecais:	$2,3 \times 10^8 / 100 \text{ ml}$
estreptococos fecais:	$7 \times 10^7 / 100 \text{ ml}$

- . Quantitativamente, após 10 horas de funcionamento ininterrupto do processo (eletrolise e flotodecantação, cada uma com 1/2 hora de detenção) e tendo sido tratados 4200 litros de esgoto, foram separados :
 - . na calha: 9 l ou 6 Kg de espuma úmida
 - . no flotodecantador: 15 l ou 13 Kg de espuma úmida
 - . subtotal (sem o lodo): 24 l de espuma úmida (0,6% do vol. de esgoto).

- . Os dados acima permitirão uma avaliação preliminar quanto a viabilidade da utilização desse resíduo como fertilizante agrícola e os cuidados relacionados com aspectos de segurança sanitária compatível com o tipo de manuseio subsequente, na cultura adotada.

- . No caso de Iracemápolis, tanto o lodo como a espuma poderão vir a ser utilizados na fertilização dos canais próximos, segundo tecnologia agrícola, "de ponta" e perfeitamente dominada pela Usina Iracema que já usa a fertirrigação com o resíduo de sua unidade industrial.

- . Por ser rico principalmente em nitrogênio e fósforo, o resíduo urbano poderá complementar os teores das referidos nutrientes do resíduo, rico em potássio. Essa questão será analisada, em maior profundidade e competência, pelos técnicos da própria Usina Iracema.

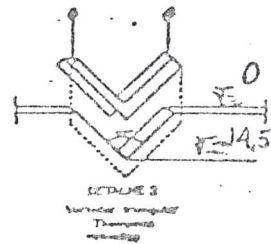
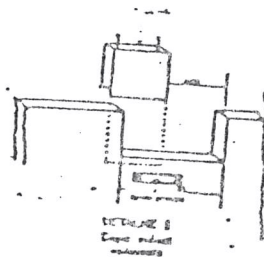
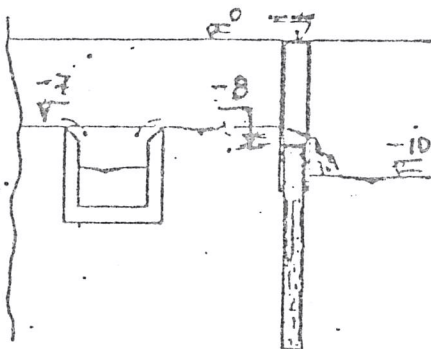
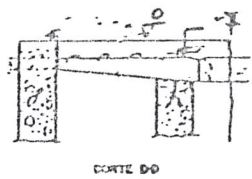
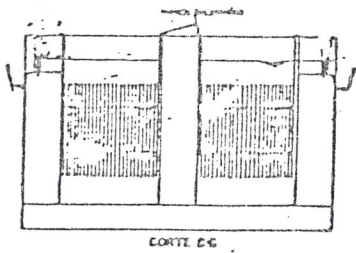
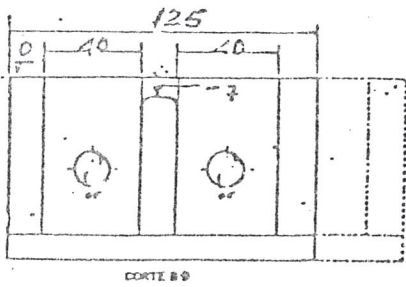
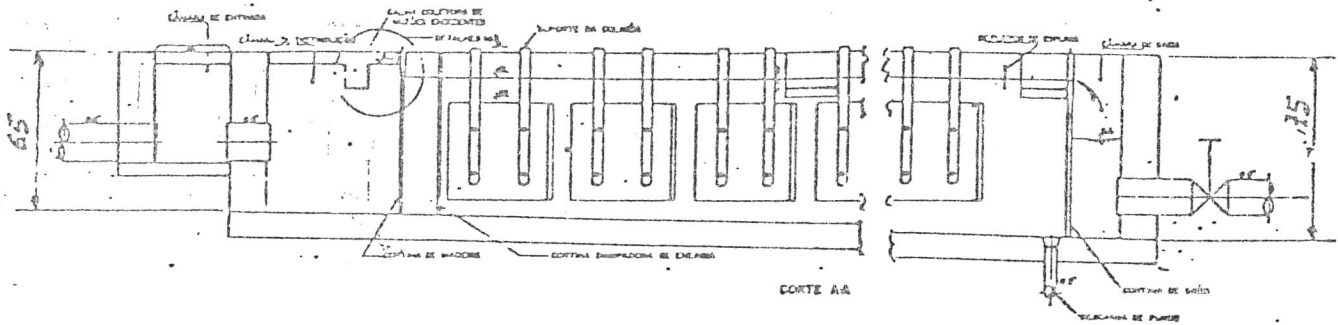
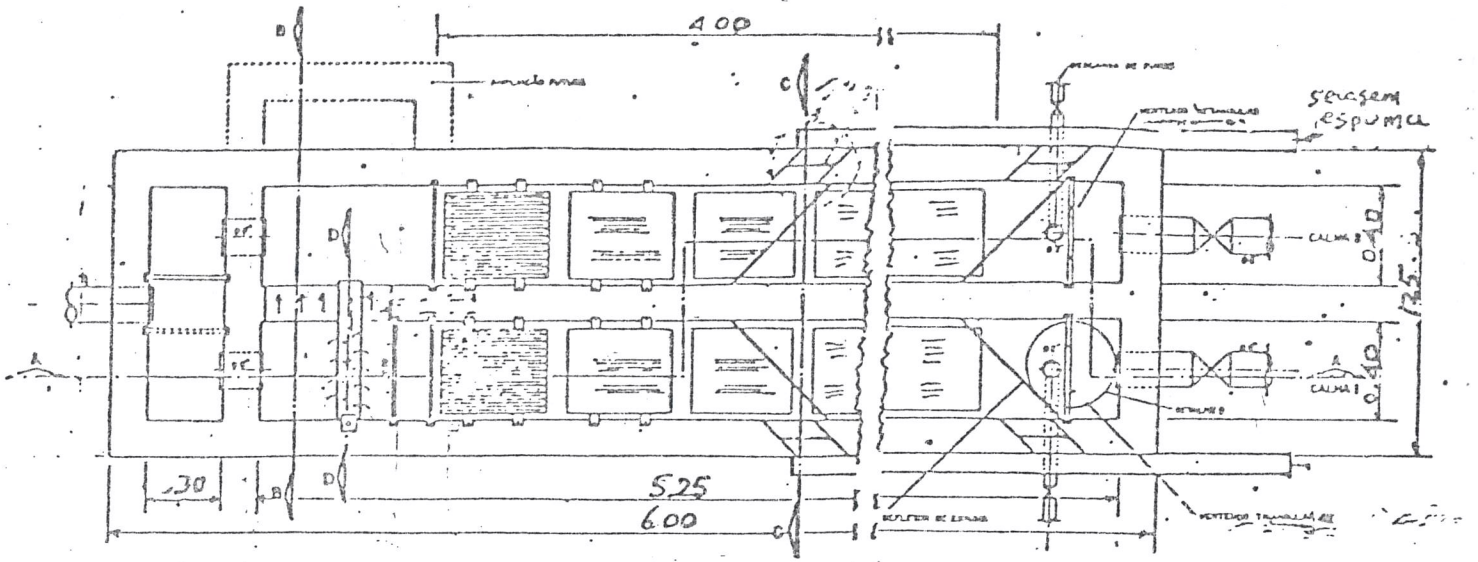
- . Se necessária e indispensável diante da metodologia de aplicação a ser utilizada, poderá vir a ser investigada a desinfecção (ao menos parcial) da espuma e do lodo. No caso, talvez venha a se mostrar mais econômica a tecnologia da elevação da temperatura, até valores especificados, por meio da queima de uma parte, relativamente pequena, do próprio lodo.

?
 infecção?
 menor?

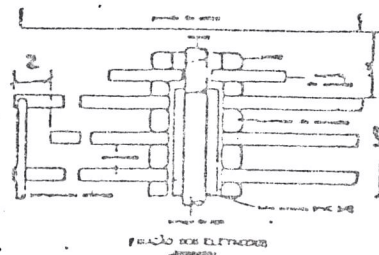
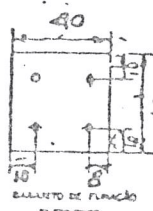
AGRADECIMENTOS

Além das pessoas citadas nominalmente no texto, os autores agradecem, pela valiosa colaboração:

- . Ao Eng^o Eduardo Jamal Francisco dos Santos, da ETEC na UNICAMP, pelas várias modificações e adaptações introduzidas na instalação semelhante em construção no campus daquela Universidade em Campinas e que muito contribuíram para simplificar e aprimorar a construção e operação do sistema.
- . Ao Eng^o Miguel Calderon, da CETESB/São Paulo, pela objetividade e maior segurança adotadas no sistema elétrico de Iracemápolis.
- . Ao Eng^o Waldo Lima Vidal, da CETESB/São Paulo, pelas simplificações sugeridas ao nível do projeto e parte dos cálculos hidráulicos.
- . Ao Eng^o Paulo César Demarchi, da Prefeitura de Iracemápolis, pela dedicação e cuidados especiais na construção do sistema pioneiro da cidade.
- . Ao desenhista José Roberto Alves Aranha, da CETESB/Campinas, pela clareza dos desenhos que sugeriram simplificações ainda ao nível do detalhamento na fase da concepção preliminar.
- . Ao Eng^o Sérgio Braga, da UNICAMP/Limeira, pelos detalhes construtivos que facilitaram a montagem das colmeias de eletrodos.
- . Ao Sr. Luiz Granso, da oficina mecânica em Iracemápolis, pelas adaptações no sistema de fixação dos fios de cobre para proteção dos eletrodos.

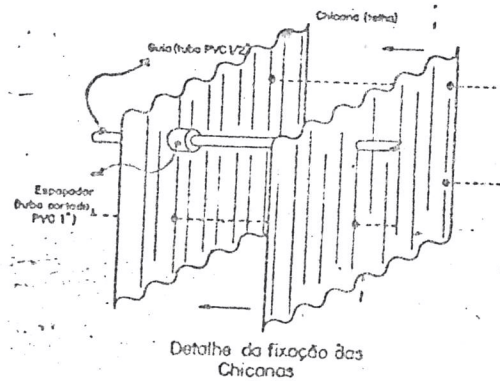
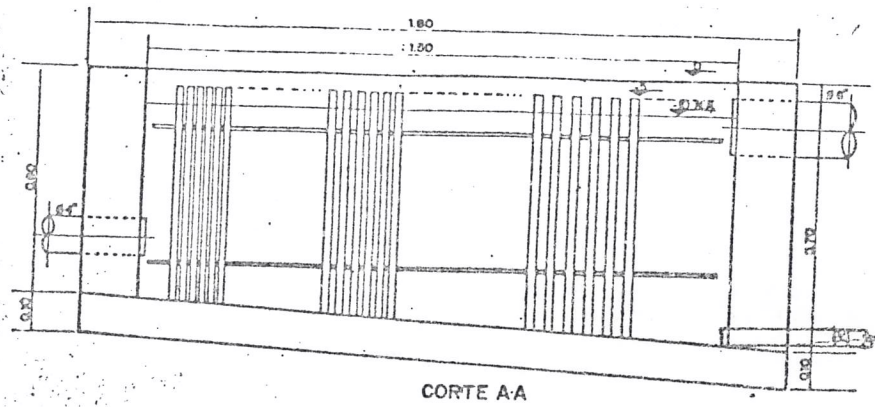
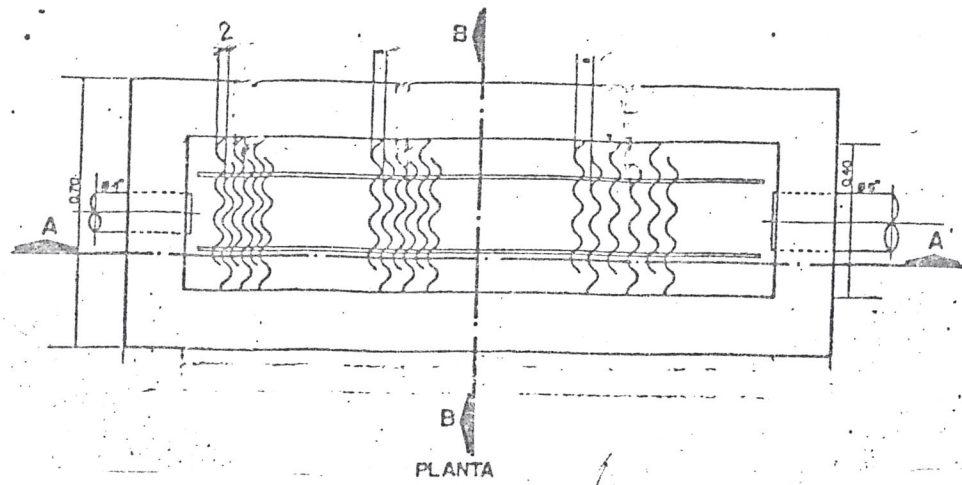


DETALHE B
Capa isolante
geralmente



DETALHE D
SALTO DE FUNDO
ELETRÓDOS

DETALHE E
MANCA DE APOIO
MANCA DE FIXAÇÃO



des 3: Flowclador