

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DO GUANDÚ

PARA ABASTECIMENTO DO DISTRITO FEDERAL (*)

JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO

Engenheiro do D. A. E.

INTRODUÇÃO

O primeiro curso d'água a ser utilizado para o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro foi o rio Carioca, cujo aquecuto, iniciado em 1673, somente foi inaugurado 50 anos depois, isto é, em 1723.

Posteriormente foram sendo captados pequenos mananciais do próprio Distrito Federal, totalizando o volume médio diário de 60 milhões de litros.

No período compreendido entre 1877 e 1912 realizou-se o aproveitamento de mananciais do Estado do Rio de Janeiro, tendo sido executadas 5 linhas adutoras de ferro fundido, com diâmetros de 0,80 e 0,90 m e extensões variando de 25 a 59 km, num total de 266 km. Essas cinco aduções, que totalizam em média 240 milhões de litros por dia, estão muito sujeitas à influência de estiagens.

Em 1940 foi concluída a primeira adutora do ribeirão das Lages, com mais de 70 km de extensão, executada com tubos de concreto armado de 1,50 e 1,75 m. de diâmetro. Por essa canalização são aduzidos em média 210 milhões de litros por dia. A segunda adutora do ribeirão das Lages, executada com tubos de concreto protendido, com camisa de aço, foi iniciada em 1948 e inaugurada em 1949. Essa canalização, do tipo Lock Joint, tem capacidade para aduzir cerca de 220 milhões de litros por dia.

Em resumo, o Distrito Federal conta para seu abastecimento com três grupos de mananciais: pequenos mananciais locais, mananciais antigos do Estado do Rio de Janeiro (cinco "grandes" adutoras de ferro fundido) e ribeirão das Lages, os quais fornecem, em conjunto, 730 milhões de litros de água por dia.

A população do Distrito Federal que por ocasião do Censo de 1950 superava 2 330 000 habitantes, hoje pode ser estimada em torno de 2 850 000. Admitindo-se este último dado e considerando-se para determinação da quota média a população total, encontra-se cerca de 255 litros por habitante em 24 horas, valor este que se reduz de aproximadamente 10% nas épocas de estiagem.

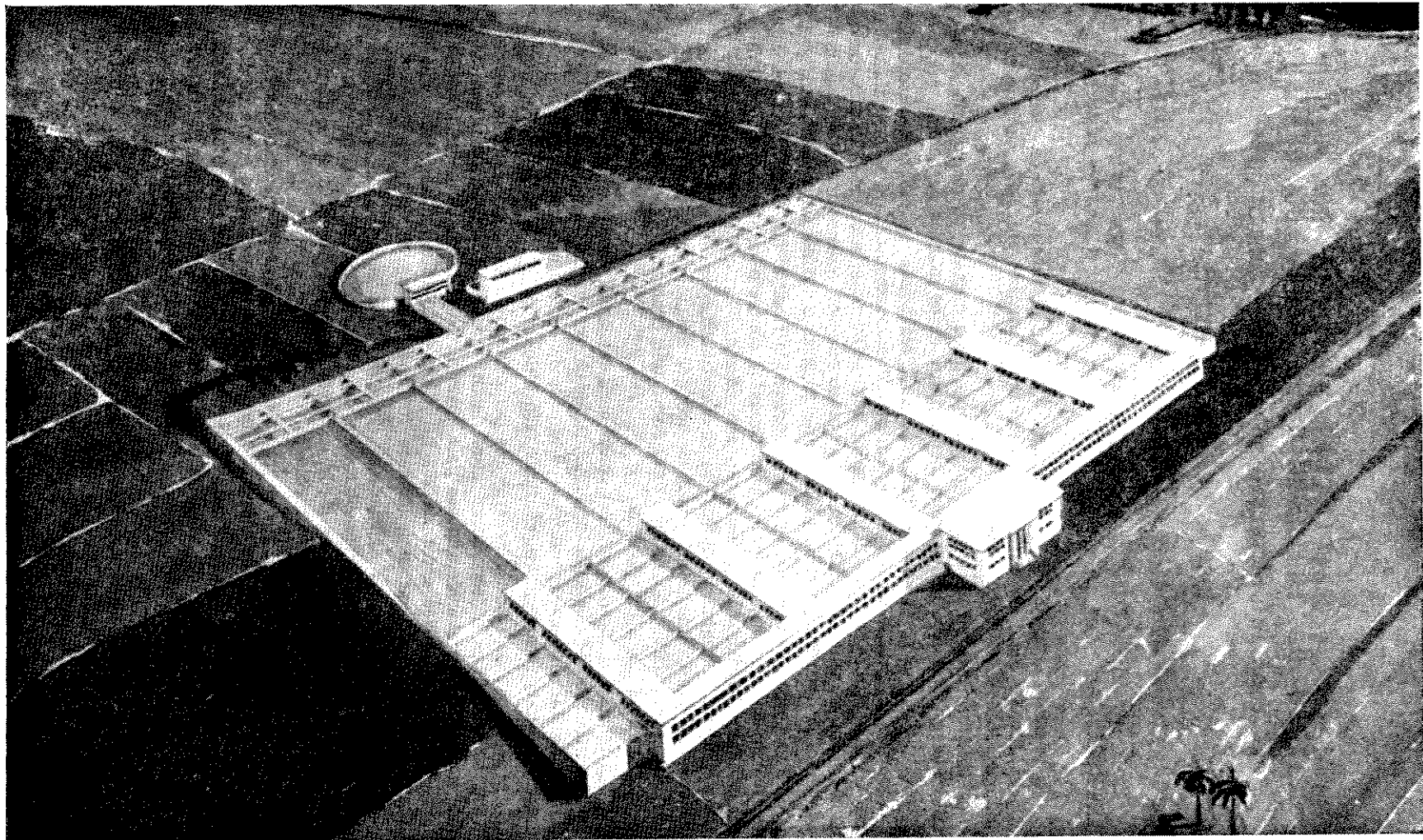
As águas já aduzidas não sofrem qualquer tratamento, além da simples cloração. Deixando de lado considerações sanitárias mais importantes pode-se mencionar como inconvenientes a cõr, a agressividade das águas e as condições adversas para os hidrômetros instalados.

Assim por exemplo, em 1944, o grau de cõr das águas do ribeirão das Lages oscilou entre 20 e 125, em números redondos, com um promédio acima de 40.

O rio Guandú foi escolhido pelo Departamento de Águas e Esgotos como o manancial para atender não somente as deficiências que já se fazem sentir no sistema, como também para suprir, a prazo longo, as demandas da metrópole brasileira.

Para isso aquele Departamento concebeu e planejou um grande conjunto de obras, com capacidade final de 13,8 m³/seg., a ser executado por etapas. A vazão do rio Guandú no local é considerável, pois esse curso d'água recebe des-

(*) — Trabalho apresentado ao IV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, realizado em São Paulo, em julho de 1954, com as alterações necessárias para a sua atualização.



Perspectiva do ante-projeto da Estação de Tratamento de Água do Guandú. No projeto definitivo foram introduzidas algumas alterações, principalmente na chegada de água bruta e Casa de Química

cargas das Casas de Forças da Ligth & Power, inclusive as águas derivadas do rio Paraíba.

O aproveitamento das águas do Guandú já tinha sido objeto de estudos do Dr. Henrique de Novaes, que durante tantos anos se ocupou do problema do abastecimento de água do Rio de Janeiro.

As obras compreendem: Captação ao lado da antiga estrada de rodagem Rio-São Paulo, pouco antes do seu cruzamento (ponte Victor Konder), canais de remoção de areia, estação elevatória (baixo recalque), estação de tratamento de águas, reservatório de água filtrada, estação elevatória de alto recalque, reservatório superior das adutoras e linhas de gravidade.

A primeira adutora do Guandú, que será de concreto protendido, terá uma extensão total de 38 500 metros, dos quais 8 800 serão de tubulação dupla com 1,50 m de diâmetro e o restante em tubulação simples de 1,75 m.

É objetivo do Autor do presente trabalho contribuir para tornar mais conhecidos os detalhes principais da Estação de Tratamento, a cujo projeto e execução está ligado, na qualidade de Engenheiro Consultor.

1. — Capacidade da Estação, Etapas, Projeto e Custo

A concepção do Sistema Guandú e o Planejamento geral das obras foram feitos pelo corpo técnico do Departamento de Aguas e Esgotos nos anos de 1951 e 1952.

Em 4 de abril de 1952 a Prefeitura do Distrito Federal publicou no Diário Oficial da União o Edital de Concorrência Pública contendo as Especificações Técnicas, para a primeira etapa da Estação de Tratamento de Águas.

Nos termos do Edital cabia ao concorrente vencedor a apresentação do projeto completo da Estação de Tratamento e suas obras complementares, para a capacidade total de 1 200 milhões de litros por dia, prevendo-se a execução em três etapas iguais, de 400 milhões de litros de água por 24 horas.

Como era de se esperar, dado o vulto das obras, essa concorrência teve repercussão internacional, tendo participado empresas que representaram diversas firmas européias e americanas.

O Autor foi encarregado por um concorrente, a Empresa Brasileira de Águas S/A., e pela Empresa Comercial Importadora Ltda, esta última representante no Brasil da The Paterson Engineering Co., de Londres, de elaborar os ante-projetos para a concorrência mencionada, tendo nesse mistér contado com a eficiente cooperação do engenheiro Orlando P. Duarte, da Empresa Comercial e Importadora Ltda.

Vencida a concorrência, o contrato foi adjudicado à Empresa Brasileira de Águas, recaindo sob a responsabilidade do Autor a elaboração dos projetos definitivos.

Os planos e memoriais técnicos foram submetidos à consideração do D.A.E. em janeiro de 1953 e as obras iniciadas em princípios do mesmo ano, para serem concluídas ao fim de 18 meses.

O custo global das obras e instalações contratadas havia sido estimado em 85.788.000,00, porém, devido a atrasos e em consequência de majorações verificadas no custo de materiais e da mão de obra, decorrentes da elevação dos salários determinada pelo Governo Federal, êsse custo sofreu uma majoração de Cr\$ 25.649.489,10. Ainda assim, êsse preço representa verdadeiro "record" em serviços da natureza, pois corresponde a menos de Cr\$ 25.000.000,00 por mil litros por segundo, de capacidade.

É interessante mencionar que na concorrência pública foram apresentadas propostas para execução de instalações condicionadoras com escoamento vertical e períodos de detenção reduzidos, ("up-flow basins"), as quais no caso não competiram economicamente com as instalações do sistema convencional.

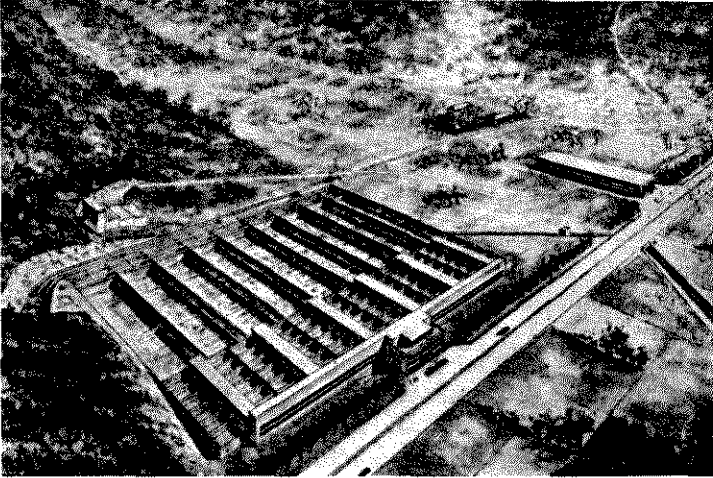


Fig. 1

Perspectiva da Estação de Tratamento, e Casa de Bombas de Alto recalque (à direita). Em primeiro plano aparece a antiga rodovia Rio-São Paulo

2. — Características do Projeto. Qualidade da água

Na elaboração dos projetos as firmas responsáveis não mediram esforços para que a obra de tão magna importância venha constituir um justo orgulho para a Capital do Brasil.

Os seguintes princípios nortearam o projeto:

- (a) Os estudos deverão assegurar à Estação de Tratamento garantia absoluta de perfeito funcionamento, no seu conjunto ou em partes;
- (b) A obra serão incorporados os melhores e mais avançados recursos da técnica hidráulico-sanitária;
- (c) A eficiência, facilidade de operação e economia de exploração no tratamento deverão constituir a realidade objetiva dos planos;
- (d) Sem comprometer a perfeita técnica do tratamento merecerão particular atenção as condições desejáveis de estética em construções da espécie;
- (e) No planejamento geral não se deverá olvidar que a Estação será executada em tempo "recorde", consideradas as instalações dessa natureza e com essa capacidade.

No delineamento dos planos e elaboração dos projetos definitivos, colaboraram, além do Autor, o corpo técnico da Empresa Brasileira de Águas, os engenheiros da Empresa Comercial e Importadora Ltda., o escritório técnico da Companhia de Estudos e Execução de Obras (Cebob), a Société des Grands Travaux de Marseille" e a Paterson Engineering Co., cabendo a esta última uma grande soma de trabalhos técnicos relativos à obra e seus equipamentos.

O projeto, que compreende elevado número de pranchas, incorporou também valiosas sugestões apresentadas por engenheiros da Comissão oficial do Departamento de Águas e Esgotos.

O projeto obedece às diretrizes clássicas para tratamento químico e filtração rápida de águas superficiais turvas e coloridas.

As águas do Guandú apresentam uma coloração frequentemente superior a 100 e turbidez que oscila desde algumas dezenas até várias centenas de partes por milhão.

Diversos ensaios de floculação forneceram dados básicos para os estudos em apreço

A contagem de coliformes, relativamente elevada, e o lançamento de resíduos industriais nas águas do Paraíba levaram os encarregados do Laboratório do D.A.E. a estabelecer conjuntamente com Autoridades Federais, as bases iniciais para um plano interestadual de controle da poluição, como medida acauteladora para o futuro.

3. — Chegada água bruta e Mistura rápida

As águas brutas serão recalçadas por três canalizações de 2,10 m de diâmetro até um tanque intermediário que servirá como elemento de transição e tranquilização.

Cada tubulação correspondente a uma etapa entrará em um ante-câmara limitada por um vertedor de 2,90 m. de largura.

Com essa disposição as linhas de recalque funcionarão independentemente, vertendo as suas águas para o tanque tranquilizador.

Esse tanque mede 11,75x19,30 m com uma profundidade útil média de 1,65 m. Dele partem três canais, de 3,80 m de largura, correspondendo o canal central à primeira etapa.

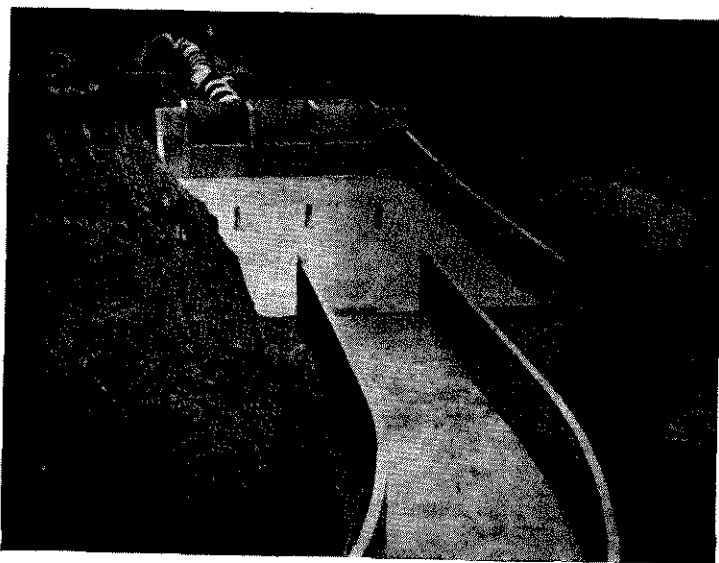


Fig. 2

Chegada de água bruta: Vertedores das canalizações de baixo recalque, Tanque de tranquilização e canal da 1.^a etapa.

Em cada canal haverá um medidor Parshall de 9 pés de largura, que servirá, não apenas para a determinação da vazão, como também para a mistura inicial, em ressalto hidráulico provocado pelas condições de escoamento em regime crítico.

A carga nominal nesse medidor será de 0,77 m e a velocidade das águas ultrapassará 3,00m/s, admitindo-se que a agitação produzida seja satisfatória para a segunda finalidade. Não obstante, foram previstas câmaras para a mistura rápida, que poderão receber os agitadores mecânicos.

4. — Casa de Química. Reagentes. Armazenamento e aplicação

A Casa de Química está localizada, no extremo Norte da Estação de Tratamento, junto aos canais de água bruta e misturadores, portanto completamente separada do edifício de controle e administração.

Para reduzir ao mínimo a extensão das canalizações de reagentes a Casa de Química está disposta excentricamente em relação ao eixo principal da estação, para o lado Oeste (3.^a etapa). A topografia da região favorece plenamente essa localização.

O edifício da Casa de Química constitui uma estrutura completamente independente, compreendendo 4 pavimentos, com os seguintes equipamentos na 1.^a etapa:

Primeiro pavimento (Pavimento inferior ou porão) — Cota 17,00.

Onde estão instalados:

- 1 entrada para cal virgem com um alimentador Ross
- 1 entrada independente para cal hidratada
- 1 entrada para sulfato de alumínio
- 2 tanques de solução de sulfato de alumínio
- 2 tanques de suspensão de cal
- 2 bombas para solução de sulfato de alumínio
- 2 bombas para suspensão de cal
- 1 transportador horizontal para borra
- 2 transportadores verticais (em todos os pavimentos)
- 1 britador (instalado em cota mais baixa).

Segundo pavimento (Pavimento térreo) — Cota 20,50

- 2 dosadores a seco para cal
- 2 dosadores a seco para sulfato de alumínio
- 2 extintores de cal com dutos de ventilação
- 2 tanques de diluição de sulfato de alumínio.

Terceiro pavimento (de controle) — Cota 25,00

- 1 Mesa de controle de dosagem
- 4 silos de concreto (por etapas).

Quarto pavimento (pavimento superior) — Cota 29,50

- 2 transportadores horizontais

A estocagem de reagentes químicos será feita em grande depósito térreo de 12,60x26,00 m (1.^a etapa) e em silos múltiplos com capacidade total suficiente para o funcionamento da instalação durante mais de 30 dias.

O pavilhão dos silos compreenderá 4 unidades por etapa, cada uma de 3,20 x 3,20 m. Inicialmente dois silos se destinam à cal, com capacidade unitária para armazenar 54 500 kg. Os outros dois comportarão 117 000 kg de sulfato de alumínio (58 500 kg em cada um).

Eventualmente poderá ser empregado um reagente auxiliar.

O sulfato de alumínio transportado até a Estação por estrada de rodagem será recebido em sacos. Os sacos serão descarregados ao pé de um transportador vertical que elevará o reagente até o último pavimento, onde haverá um transportador mecânico horizontal para alimentação dos silos.

O transportador horizontal foi planejado de maneira a facilitar extensões posteriores por ocasião das etapas futuras.

Sob cada silo será instalado um dosador a seco. O sulfato de alumínio dosado cairá em uma caixa de dissolução de 1,50 m de diâmetro, sendo conduzido por gravidade até os depósitos de solução existentes no pavimento inferior (po-

rão). Esses tanques, executados em concreto terão capacidade para 5 700 litros/unidade. Duas bombas especiais elevarão a solução de sulfato até a mesa de dosagem instalada no terceiro pavimento. A quantidade dosada é conduzida para o ponto de aplicação sobre o canal de água bruta, e o excesso de solução retorna por extravazão ao depósito de solução existente no porão.

Os dosadores a seco terão capacidade para aplicar de 10 a 60 partes por milhão, prevendo-se uma dosagem média de 30 ppm.

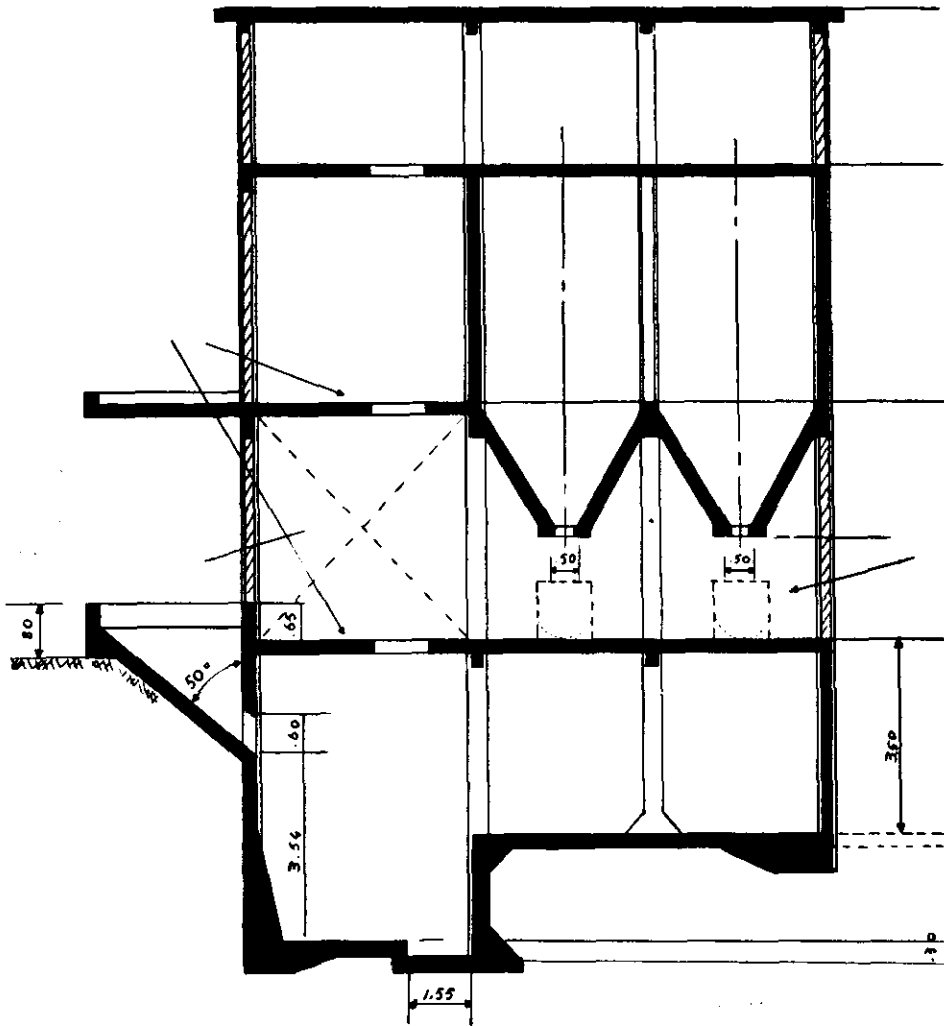


Fig. 3
Corte da Casa de Química

Nessa base o consumo médio semanal de sulfato de alumínio na primeira etapa seria de 84 toneladas e o de cal poderia ser estimado em 40 toneladas/semana.

A cal poderá ser recebida a granel ou em sacos, como cal virgem ou como cal hidratada. Esse reagente será descarregado diretamente dos caminhões em uns poços de descarga de concreto, caindo no sub-solo (cota 14.90).

A cal virgem ao ser descarregada passará por um alimentador "Ross" ao britador, que a reduzirá a pó. Esse produto será então elevado por um transportador vertical até o último pavimento e daí conduzido por um transportador horizontal para os silos.

Os silos alimentarão os dosadores a seco instalados no pavimento térreo. A cal virgem dosada passará por extintores horizontais contínuos onde será queimada. As pedras maiores e os materiais aglomerados não queimados serão rejeitados do sistema.

A cal já extinta, sob a forma de leite grosso escoará para dois tanques localizados no porão, onde a água é admitida com vazão controlada e ajustável, para produzir uma suspensão de concentração conhecida (cêrca de 10%). Cada um dos depósitos de suspensão de cal mede 2,13 m de diâmetro por 1,22 m de altura e está equipado com agitador mecânico (5 r.p.m.) e duto de ventilação. Essa suspensão é então recalçada em excesso para a mesa de dosagem instalada no terceiro pavimento. O volume excedente sempre retornará ao tanque inferior. No medidor de solução serão controladas as duas parcelas, uma destinada à coagulação, outra à elevação do pH da água filtrada.

O operador terá, portanto, na mesa de dosagem, o controle completo das quantidades de reagentes efetivamente aplicadas.

A mesa de controle, de aspecto agradável, compreende internamente dois tanques com 7 aberturas ajustáveis para regular e medir as soluções e suspensões. O volume excedente extravaza para os depósitos de solução e suspensão existentes no pavimento inferior (porão).

A cal destinada à correção do pH será aplicada a cêrca de 500 metros de distância, exigindo uma declividade suficiente para o seu transporte até o canal de água filtrada. Esta foi uma das razões para a adoção do recalque da suspensão de cal.

Se fôr recebida cal hidratada, ela não passará pelo britador e será introduzida diretamente no transportador vertical. Dos dosadores a sêco a cal dosada passará sob a forma sêca para o tanque de suspensão instalado no porão, contornando, portanto, os extintores. Nesse tanque será adicionada água, mantendo-se a suspensão por agitação mecânica.

O funcionamento dos dosadores a sêco será intermitente e automático, de modo a manter no tanque inferior volumes de suspensão entre 0,25 e 1,00 m de profundidade. Estima-se o consumo de água na Casa de Química em cêrca de 80 litros/seg para a 1.ª etapa.

5. — Mistura lenta. Floculadores

As câmaras de floculação foram projetadas em harmonia com os decantadores, de maneira a proporcionar condições vantajosas de escoamento para as águas prefloculadas e coaguladas.

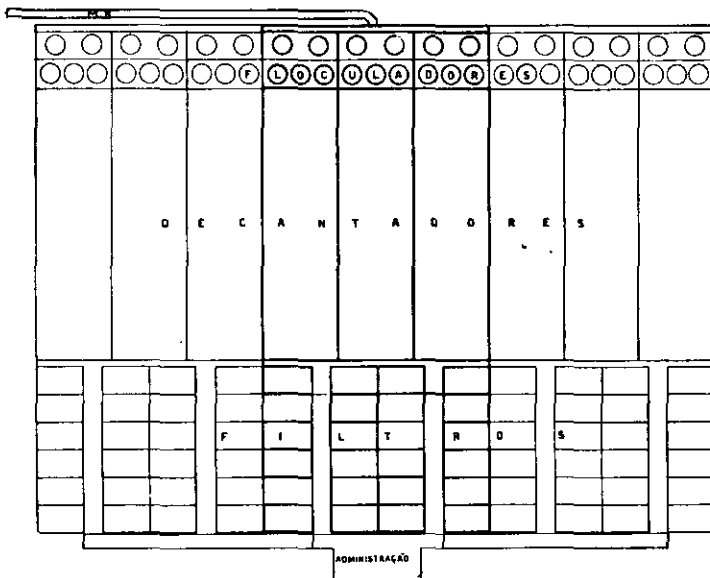


Fig. 4
Esquema geral da instalação. A primeira etapa das obras corresponde aos três decantadores centrais.

Os flocculadores mecânicos são de eixo vertical, com todas as partes vitais acessíveis e fora d'água.

A flocculação será realizada em duas etapas consecutivas com um período de detenção de 30 minutos. Esse período pode ser considerado bastante satisfatório, tendo-se em vista os resultados dos ensaios de flocculação e as mais recentes diretrizes da técnica de purificação de água: Melhor condicionamento para mais rápida sedimentação. As águas são distribuídas aos flocculadores primários por um canal transversal, passando a seguir para os flocculadores secundários por uma passagem inferior, elevando-se depois para atingirem os decantadores.

A cada decantador correspondem dois equipamentos Paterson para a flocculação primária e três para a flocculação final.

Na primeira etapa da estação serão, portanto, instalados 6 flocculadores primários, cada um recebendo 766 litros/seg e 9 flocculadores secundários para 511 litros/seg por unidade.

Cada fase de flocculação correspondente a um decantador ocupa 10,25 x 27,55 m. A profundidade útil lateral é de 4,90, aumentada na parte cônica para 5,225 m. As descargas de lodo dos flocculadores, bem como o seu esgotamento completo, serão feitos por canalizações de fundo, que vão ter a um amplo canal de esgoto, onde se localizarão válvulas e registros. Este canal, de forma trapezoidal, com 1,00 m na sua menor largura e declividade de 0,002, será inspecionável.

Sobre as câmaras de flocculação estão projetados todos os passadiços necessários à inspeção e rotina de operação, bem como ao acesso aos equipamentos. Estes serão instalados sobre vigas transversais de concreto armado.

6. — Sedimentação. Decantadores

Estão projetados três decantadores de secção retangular para cada etapa. Os decantadores serão mecanizados com equipamentos do tipo "monorake", fabricados pela Dorr Company.

As dimensões das unidades, estabelecidas de acôrdo com o equipamento adotado, são as seguintes:

Comprimento	119,00 m
Largura útil:	
Topo	27,30
Fundo	26,85
Area na superficie	3248 m ²
Profundidade:	
Lateral	5,00 m
Central	5,57 m
Volume	17 080 m ³

que corresponde a um periodo de detenção de 3 horas, considerado suficiente para uma perfeita sedimentação, com base na própria qualidade das águas, nos resultados de ensaios previamente feitos e no fato de ter sido adotada a mecanização dos decantadores.

A relação comprimento/largura dos decantadores é bastante satisfatória: 4,3:1. A relação comprimento/profundidade, 23:1 atende às especificações técnicas para decantadores retangulares.

Na entrada de cada decantador haverá uma cortina de distribuição, do tipo perfurado, capaz de garantir melhor aproveitamento das bacias, mediante uma boa distribuição em largura e em profundidade. Cada cortina terá 135 furos de 0,20 x 0,40 m, resultando uma velocidade média de 0,14 m/seg. O dispo-



Fig. 5

Vista geral de um dos decantadores da instalação.



Fig. 6

Detalhe estrutural do dispositivo de coleta de água decantada nos decantadores.

sitivo de saída para as águas decantadas é bastante original: Devido a questões estruturais e de equipamentos não puderam ser adotadas as calhas comuns de coleta final. Nessas condições a extensão de vertedores foi aumentada mediante a execução de "bicos de pato" de 0,40 x 0,90, com um desenvolvimento aproximado de três vezes a largura dos decantadores. Ao longo da extremidade dos decantadores encontra-se o canal de água decantada que alimenta os condutos existentes sob os corredores de comando. Nesse canal foram previstos os extravazores principais da instalação. Ao longo dos decantadores foram projetados passadiços, calculados estruturalmente para receber as cargas dos equipamentos mecânicos de remoção de lodos.

A descarga de lodo dos decantadores se fará por meio de condutos subterrâneos que partem dos poços de lodo localizados no lado de montante dos decantadores, para descarregar no grande canal de esgotos junto aos floculadores. Esses condutos se bifurcam, passam sob os floculadores e têm uma descarga controlada no canal mencionado, através de comportas.

7. — Filtração — Filtros rápidos

Cada etapa da instalação contará com 24 filtros rápidos, cada unidade medindo 9,80 x 16,75 m e dividida em duas metades iguais, de 4,20 m de largura cada uma, separadas pelo canal comum de descarga das águas de lavagem, que mede 1,20 m em largura. A vazão de cada filtro será de 192 litros/seg.

Os filtros estão dispostos em baterias de 6 unidades em cada ala, existindo dois corredores de comando por etapa.

Cada filtro terá uma área útil de $16,75 \times 2 \times 4,20 = 140,7 \text{ m}^2$.

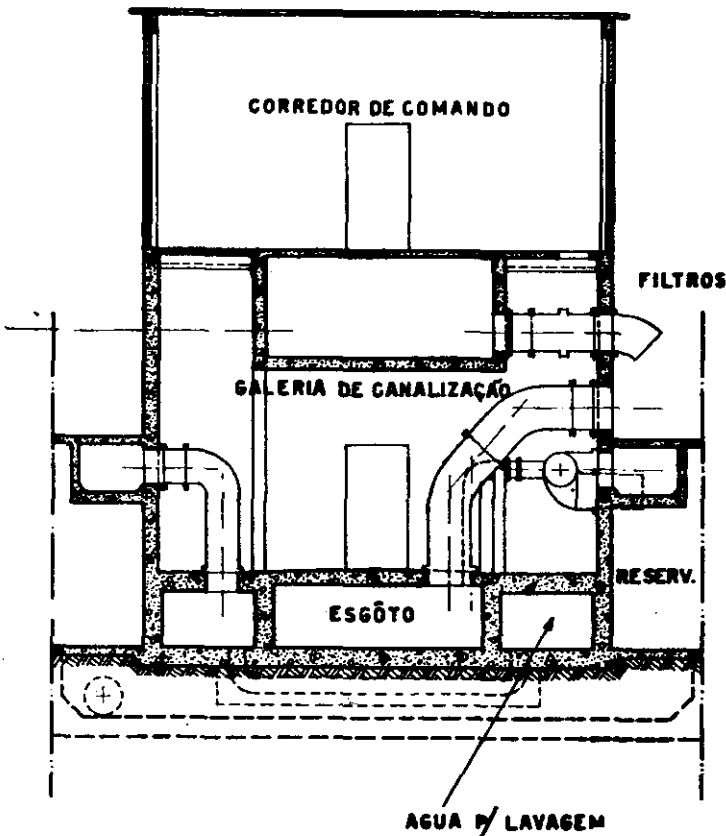


Fig. 7

Corte esquemático do Corredor de Comando e Galeria de Canalizações mostrando os condutos e canalizações principais.

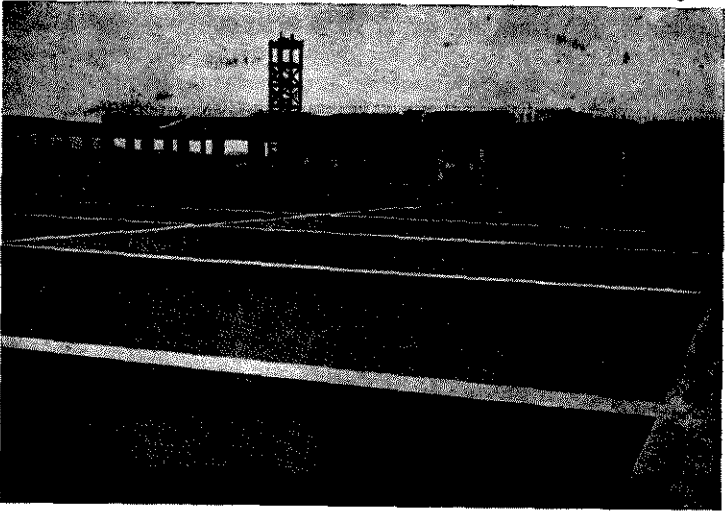


Fig. 8

Aspecto das caixas dos filtros. O corredor de intercomunicação e o Edifício de Administração aparecem em segundo plano (janeiro de 1935).

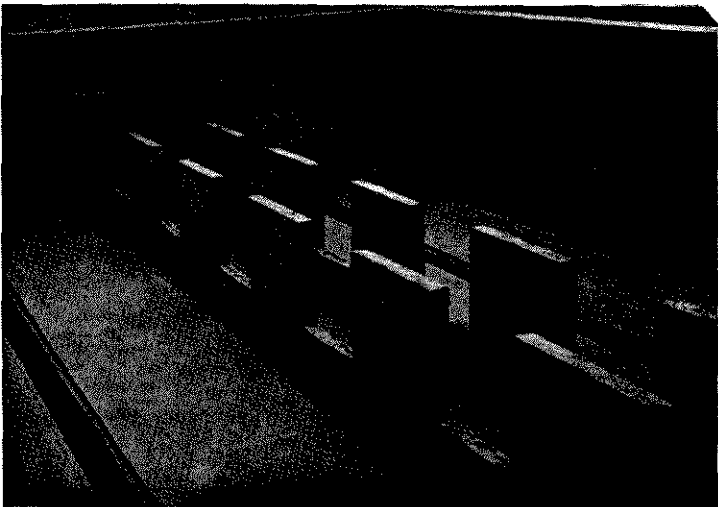


Fig. 9

Canal de descarga dos filtros. Os espaços deixados nas paredes verticais destinam-se à instalação dos sifões patentados Paterson.

A área filtrante total na primeira etapa será de 3 377 m², resultando uma taxa de filtração normal, isto é, de aproximadamente 118 m³/m² dia.

As dimensões de cada unidade foram de certo modo condicionadas ao tipo de fundo de filtro adotado.

A caixa de filtro terá ao todo uma altura de 3,05 m, assim integrada:

Altura livre adicional	0,50 m
Altura de água	1,40 (aprox.)
Camada de areia	0,64
Camada de pedregulho-seixos	0,51

O fundo do filtro em cada metade compreenderá um conduto múltiplo de concreto, com 0,70 x 0,70 m, que constituirá parte da estrutura da laje de fundo. Os laterais de cimento amianto serão constituídos por tubos importados, de classe especial.

Do canal de água decantada transversal, aos decantadores, a água passará por condutos existentes sob os corredores de comando e sobre as galerias de canalizações. A largura de cada conduto é de 3,75 m e a profundidade útil é de 1,20 m o que dá uma velocidade de 0,50 m/seg na secção mais desfavorável.

De ambos os lados desse conduto estão as canalizações de 0,60 m do influente ligadas aos canais centrais dos filtros.

Cada filtro terá ainda as seguintes canalizações imediatas:

- Descarga de água de lavagem do canal central de cada filtro ao conduto de esgoto sob a galeria de canalizações. Diâmetro: 0,70 m.
- Canalização de água para lavagem, alimentada pelo conduto inferior. Diâmetro: 0,55m.
- Dreno ou canalização de "rewash". Diâmetro: 0,25 m.
- Tubulação do efluente, saída de água filtrada. Diâmetro: 0,50 m.

Sobre os filtros foram previstos passadiços adequados para os serviços de rotina, inspeções e visitas.

Os corredores de comando terão a largura de 7,425 m, comprimento de 60,00 m e pé direito de 3,25 m. Amplamente iluminados, êsses corredores abrigarão as mesas para o comando hidráulico da instalação.

As galerias de canalizações situadas sob os corredores têm igual largura, com grande pé direito. Serão, portanto, suficientemente amplas e terão espaço livre e desimpedido para o movimento de pessoas e deslocamento de peças.

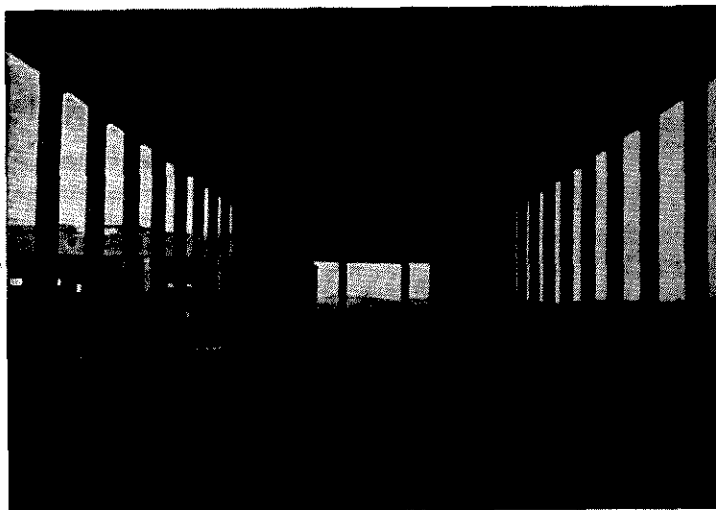


Fig. 10

Aspecto da estrutura do corredor de comando dos filtros (janeiro de 1955)

Sob as galerias de canalizações existem três condutos de concreto monolítico, sendo dois laterais destinados à água para lavagem, um para cada ala e um canal central de esgoto. Os condutos de água para lavagem medem 0,90 x 1,50 m, resultando uma velocidade média de 1,05 m/seg. O conduto de esgoto é bastante amplo: 1,00 x 3,525 m.

Tanto os corredores de comando como as galerias de canalizações serão interligados por corredores transversais de 4,30 m de largura, amplos e bem iluminados.

Sob esses corredores encontra-se o canal de água filtrada com 1,65 x 4,30 m.

8. — Meio filtrante e camada suporte

O leito do filtro consistirá de uma camada de 0,64 m de areia com granulometria estabelecida, repousando sobre uma camada de pedregulho-seixos de 0,51 m de altura.

Serão preparados dois tipos de areia: A areia "fina" que constituirá a camada filtrante propriamente dita, e areia "grossa" destinada a servir de camada intermediária ou camada "torpedo".

A granulometria dessa areia deverá satisfazer:

Coeficiente de uniformidade	entre 1,3 e 1,5
Tamanho efetivo	0,5 a 0,6 mm

A sua preparação será feita entre duas peneiras, as de números 14 e 30 da série Tyler.

A areia "grossa" será preparada entre as peneiras de números 8 e 14.

As quantidades aproximadas de areia para a primeira etapa serão:

Areia fina	1 830 m ³
Areia grossa	370

A camada de pedregulho e seixos será constituída de acordo com a especificação seguinte:

Alturas	De	a
0,150 m	2	7 mm
0,100	5	10
0,100	10	15
0,080	15	40
0 080	40	50

A quantidade aproximada desse material será de 1 700 metros cúbicos na primeira etapa.

9. — Lavagem dos filtros. Reservatório

Foi admitida a hipótese de dois filtros serem lavados concomitantemente na primeira etapa.

Cada filtro será lavado inteiramente, exigindo a seguinte vazão para a velocidade normal de lavagem:

$$\frac{140 \times 0,60}{60} = 1,4 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

A velocidade de lavagem depende de diversos fatores, entre os quais a expansão prevista para a camada filtrante, o tamanho efetivo da areia e a temperatura da água.

Para um aumento de temperatura de 10°C algumas vezes a quantidade de água de lavagem eleva-se de 25% para a mesma porcentagem de expansão.

No projeto em consideração foram investigadas e admitidas velocidades de lavagem superiores à que se pode considerar normal.

Ainda com base na velocidade de 0,60 m/seg. e na hipótese de uma lavagem por 24 horas durante 5 minutos, resultaria o seguinte consumo de água:

$$1,4 \times 60 \times 5 = 420 \text{ m}^3$$

que corresponde a 2,5%.

O consumo de água para lavagem foi estimado em torno de 2,5%.

Uma particularidade desta instalação, é apresentada pelos sifões patenteados para remoção da água de lavagem e que são empregados pela primeira vez na América. Cada filtro contará com 14 sifões controlados, dispostos nas paredes do canal central.

A água para lavagem será fornecida por reservatório de 900 m³, localizado sobre o edifício de administração e corredor transversal de inteligência. A sua capacidade será portanto suficiente para a lavagem completa de dois filtros, com uma pequena folga para outras finalidades. Esse reservatório poderá ser aumentado nas etapas futuras, extendendo-se sobre o prolongamento do corredor transversal.

O reservatório será alimentado por 8 bombas constituindo duas baterias de 4 bombas, dispostas no corredor que estabelece a ligação entre as galerias de canalizações (cota 9,75 m). Cada bomba terá capacidade para recalcar 85 litros/seg. de água contra uma altura manométrica de 14 metros.

Se 2 bombas forem consideradas como unidades de reserva, as 6 bombas efetivas serão capazes de encher o reservatório superior em 30 minutos, isto é, essas bombas após 15 minutos de trabalho forneceriam um volume de água suficiente para lavar um filtro, o que é uma hipótese favorável.

Essas bombas, além da grande vantagem de serem fabricadas no Brasil, oferecem ainda uma grande flexibilidade para o sistema.

Do reservatório de água para lavagem saem duas canalizações verticais de 1.10 m de diâmetro ligadas ao conduto de água para lavagem. Cada canalização terá um medidor de vazão do tipo Venturi.

10. — Reservatório de Água filtrada. Cloração

O reservatório de água filtrada foi projetado sob os filtros, conforme a prática mais corrente em instalações do gênero, uma vez que esse reservatório se destina, principalmente, a contrabalançar as pequenas flutuações de vazão de água filtrada, que decorrem da lavagem de filtros, etc., mantendo-se constante, como é desejável, a taxa de filtração.

Essa localização para o reservatório traz diversas vantagens para a instalação, entre as quais:

- (a) Economia de área;
- (b) Maior flexibilidade;
- (c) Redução de perdas de carga;
- (d) Maior proteção;
- (e) Benefícios para as fundações e estruturas.

Na primeira etapa o reservatório será constituído por três compartimentos separados pelas galerias de canalizações, mas interligados por sifões de concreto armado. A secção de escoamento dos sifões é de:

$$2 \times 0,80 \times 1,50 = 2,4 \text{ m}^2$$

A capacidade total desse reservatório é de:

$$4 \times 16,95 \times 60,00 \times 2,125 \cong 8650 \text{ m}^3$$

A saída do reservatório é controlada por três comportas de 1,40 x 1,65 m.

Mereceram atenção especial a adoção do ponto de cloração e o local de correção do pH ou alcalinização da água filtrada, para controle de corrosão.

Para atender à evolução da técnica de desinfecção, e tendo particularmente em vista os conhecimentos que sobre o mecanismo de destruição de bactérias vieram à luz após a última guerra mundial, a cloração será conduzida em pH baixo, havendo um período de contacto geralmente superior a 10 minutos, antes da alcalinização das águas.

Para esse fim especial foram previstas as divisões necessárias no reservatório inferior. Esta é sem dúvida outra grande vantagem da localização do reservatório sob os filtros.

Para a aplicação do cloro na primeira etapa foram adotados três aparelhos dosadores-registradores "Chlorograph", da Paterson, cada um com capacidade máxima para aplicar 240 kg de cloro/24 horas.

Dois desses aparelhos serão suficientes para uma dosagem superior a uma parte por milhão.

Foi previsto o emprêgo de cilindros de cloro líquido com capacidade nominal de 1 tonelada. O depósito de cloro abrigará até 12 cilindros na posição horizontal.

A descarga máxima recomendável por cilindro será de 200 kg/24 horas.

11. — Edifício de controle e Administração

O edifício ocupará 420 m² e terá uma área total de 1 350 m² com as seguintes peças:

Porão

Garagem ampla, com acesso por rampa lateral.

Pavimento principal (térreo)

Hall	5,20 x 13,30 m
Sala de controle	7,00 x 14,00
Sala dos aparelhos de cloração	5,00 x 8,60
Depósito de cilindros de cloro	7,30 x 8,70
Almoxarifado (pequenas peças e mater.)	5,00 x 8,55
Instalações sanitárias: 2 conjuntos de	2,00 x 5,30

2.º Pavimento

Ante sala	3,45 x 5,20 m
Chefia e biblioteca	5,20 x 10,70
Laboratório, "Copa" e Comp. Balanças	8,60 x 12,50
Sala de Operadores	7,00 x 14,00
Sala de Pesquisas Especiais	4,10 x 5,00
Escritório	4,30 x 5,00
Instalações sanitárias: 2 conjuntos de	2,00 x 5,00

3.º Pavimento

Refeitório e Lavabos	5,00 x 14,00
Cosinha e Copa	2,90 x 8,80
Terraço panorâmico e Reservatório.	

O compartimento destinado ao cloro terá comunicação direta com o exterior.

A fachada principal do edifício está voltada para a antiga rodovia Rio-São Paulo, recuada 25 metros do eixo dessa estrada.

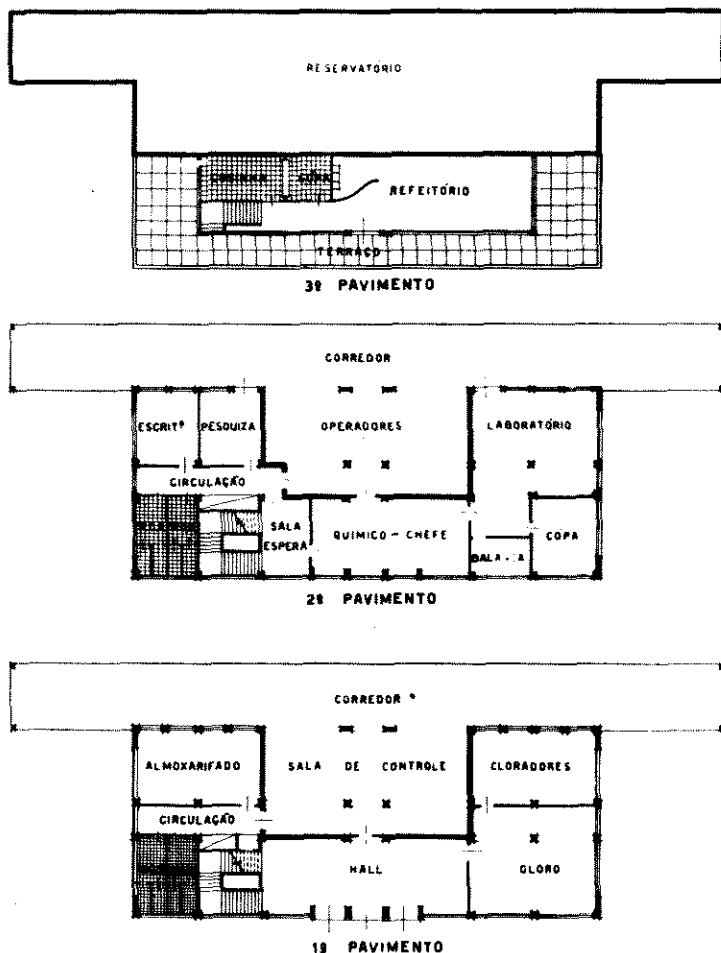


Fig. 11

EDIFÍCIO DE ADMINISTRAÇÃO: Plantas dos pavimentos principais.

12. — Órgãos acessórios. Esgotos. Medidores

O canal de água filtrada foi projetado para as três etapas e se estenderá até a Estação Elevatória (Alto Recalque). No seu estudo foram particularmente considerados a localização de comportas e o expurgo de ar.

Nesse canal, a meia distância, encontra-se um extravazor em cota correspondente ao nível máximo do reservatório de água filtrada.

As águas sujas, descargas e extravazões serão afastadas por um canal de descarga que se estenderá até o canal mais próximo, a cerca de 2 km do local.

Na Estação de Tratamento própria dita, dois serão os condutos principais de esgoto, ambos transversais, o primeiro antecedendo os floculadores, localizando-se abaixo do canal distribuidor de água bruta; o segundo ficará sob o canal de coleta de água decantada e receberá as águas dos condutos de esgotamento existentes ao longo e sob as galerias de canalizações dos filtros. Os condutos principais são de grande secção e têm uma declividade de 0,002.

A instalação contará com três medidores de vazão:

Água bruta	Parshall
Água filtrada	"Venturi" de concreto
Água para lavagem	Medidores Venturi (2)

13. — Estado atual das obras. Montagem dos equipamentos

A primeira etapa da Estação de Tratamento encontra-se em fase final de construção, esperando-se que as obras civis fiquem concluídas até o fim de 1955.

No momento estão sendo atacadas as obras de acabamento, executando-se simultaneamente, com grande intensidade, os serviços de montagem dos equipamentos.

O assentamento e instalação dos equipamentos obedece a um programa bem estabelecido, organizado pelo Eng. Orlando P. Duarte, que se encontra à frente dos trabalhos.

Emprestando à instalação o valor da sua longa experiência encontra-se no Brasil o Eng. J. Simkin da The Patenson Engineering Ltd., de Londres.

Os trabalhos de execução das obras civis foram confiados a diversos engenheiros de grande valor e experiência, técnicos das empresas já anteriormente mencionadas.

Merece ser mencionado o excelente trabalho de coordenação entre a The Patenson Engineering Co. Ltd., de Londres, e o escritório técnico de Paris da "Société des Grands Travaux de Marseille", no planejamento racional da execução das obras.

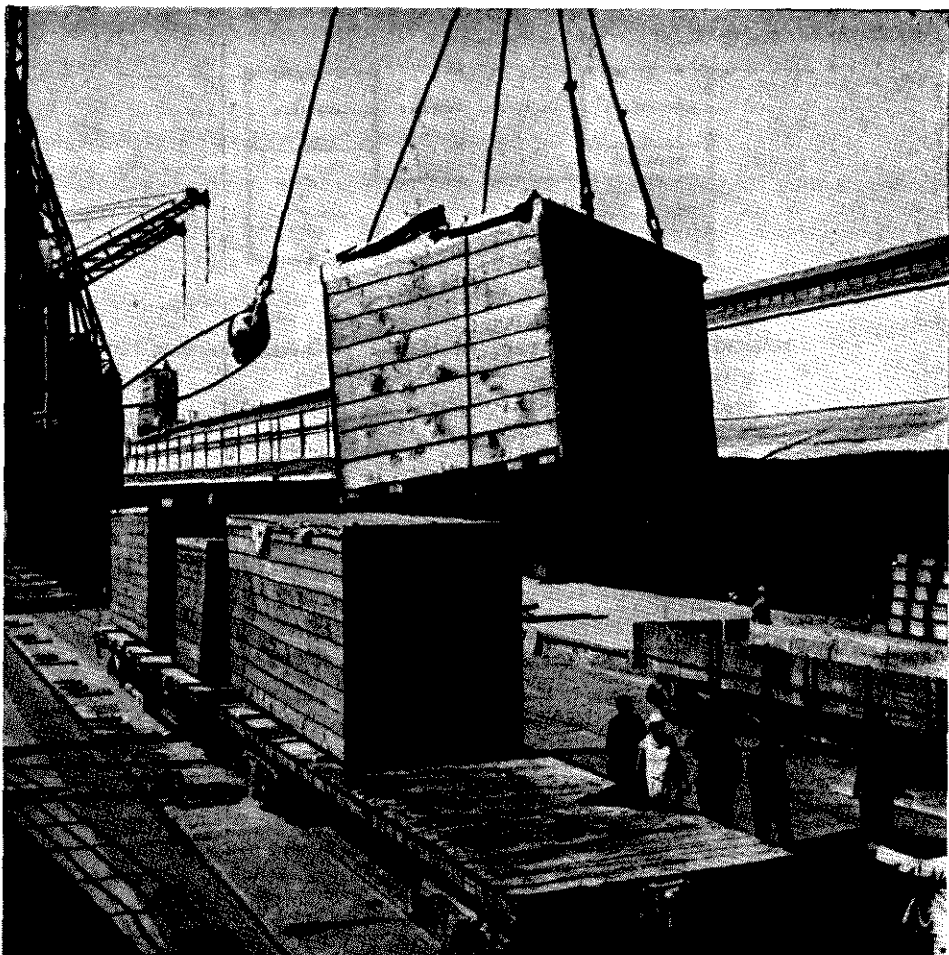


Fig. 12

Aspecto da descarga de equipamentos destinados às obras do Guandú, no cais do porto do Rio de Janeiro

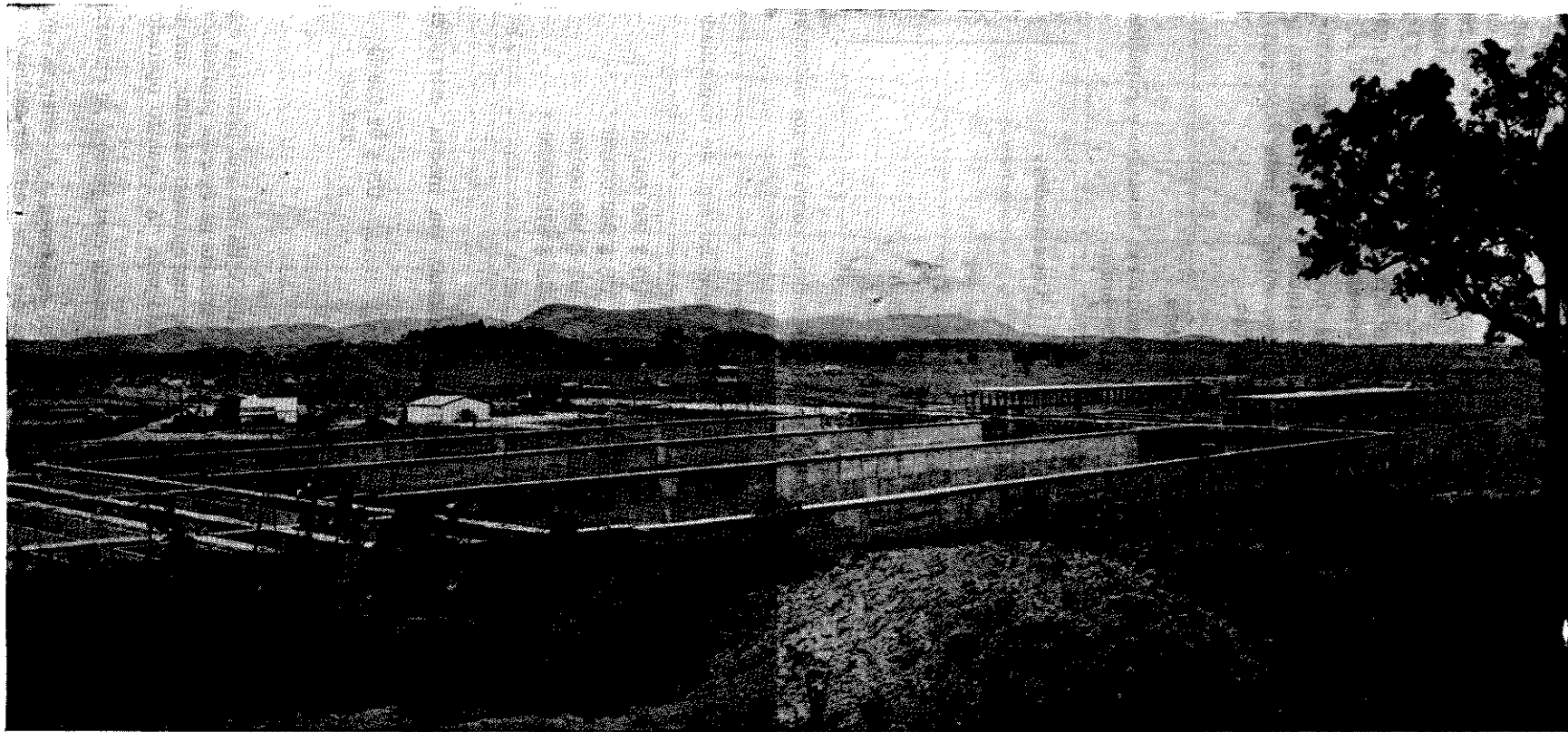


Fig. 13

Fotografia panorâmica das obras, tais como se apresentavam em janeiro de 1955. A' esquerda são vistos os floculadores, ao centro os decantadores e no segundo plano aparece parte do canteiro de serviço

O canteira de trabalho da Empresa é dos mais completos já realizados no país: Conta com diversos pavilhões, bem projetados, casas, alojamentos coletivos, cozinha e refectório, serviços de emergência, oficinas especializadas de carpintaria e mecânica, almoxarifado, usina de concreto etc. Uma pequena rede de água e um serviço próprio de eletricidade e telefone completam essas instalações.

Os modernos equipamentos mecânicos de construção, empregados na obra, têm permitido um elevado rendimento para os trabalhos.

O autor é de opinião que os aspectos gerais da construção, assim como os seus detalhes mais importantes, problemas enfrentados e soluções obtidas, pelo interesse que podem despertar deverão constituir o objeto de uma exposição que posteriormente completará a presente contribuição.

14. — Considerações finais. Comparações de custo.

A Estação de Tratamento de Águas do Guandú em tamanho e capacidade será a quarta instalação do mundo, na seguinte ordem:

Estações de Tratamento	Capacidades
1 — Buenos Aires	19,6 m ³ /seg.
2 — Chicago, U.S.A.	14,0 — 23,0
3 — Detroit, U.S.A.	14,9
4 — Rio de Janeiro	13,8

O custo unitário da instalação do Guandú constitui, como já foi mencionado, verdadeiro "recorde":

Estações	Ano	Custo por m ³ /seg. de capacidade
Chicago	1946	US \$ 950.000,00
São Paulo	em construção	US \$ 940.000,00 *
Dayton	1953	US \$ 960.000,00
Rio de Janeiro	1952	US \$ 675.000,00 *

(*) Dolar considerado a Cr\$ 40,00.

A proposta inicial incluiu as seguintes parcelas em moeda estrangeira, para cobrir a importação de equipamentos:

Dolares dos Estados Unidos	US \$ 92.658,00
Libras esterlinas	£ 208,580

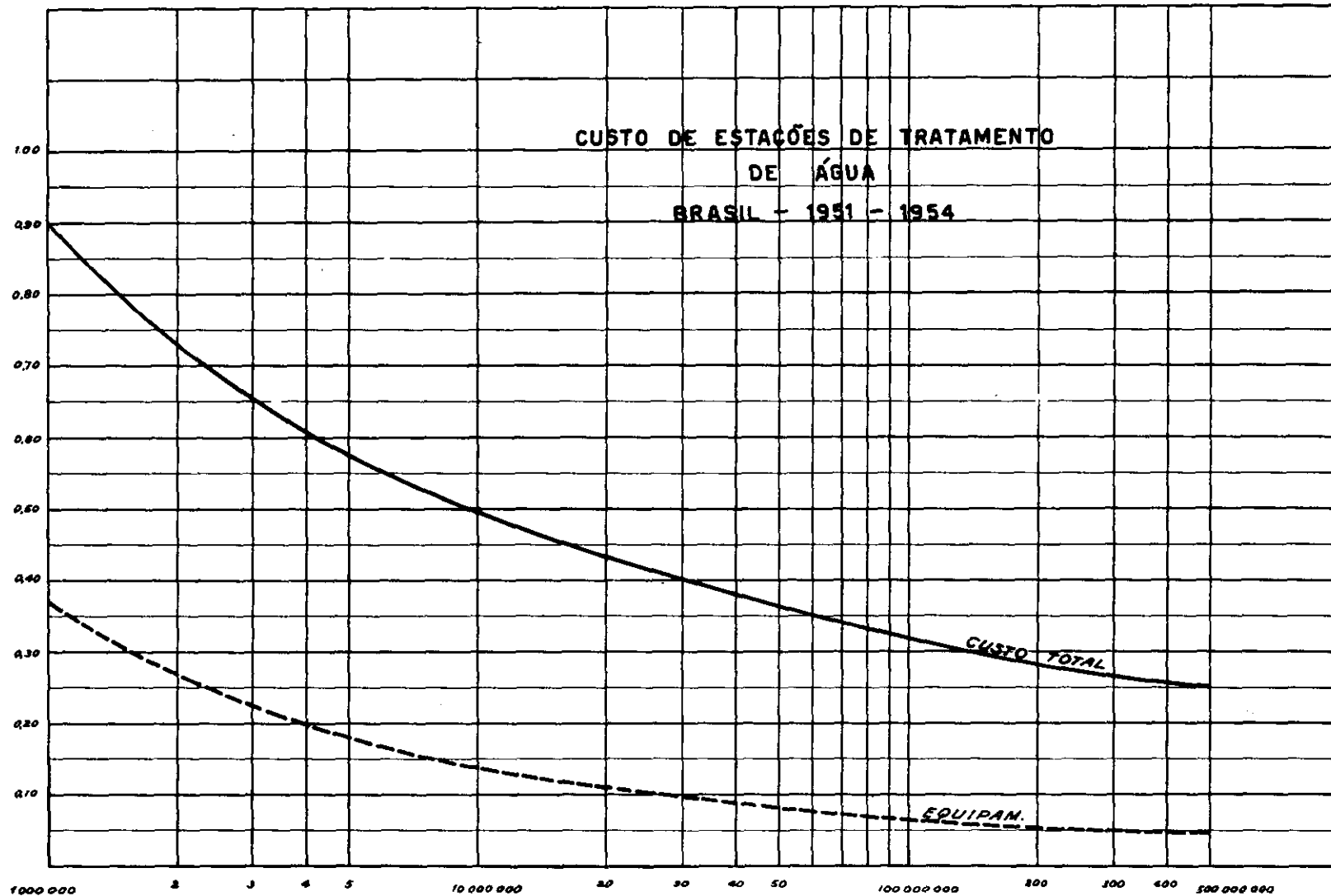
15. — Custo previsto de operação

Para a operação da Estação de Tratamento de Água na sua primeira etapa serão necessários cerca de 45 homens, das mais variadas categorias profissionais, incluindo um superintendente, um químico chefe, um químico auxiliar, um biólogo, quatro operadores de tratamento de categoria "A", quatro operadores de categoria "B", etc.

Com o nível atual dos salários as despesas mensais com pessoal se elevariam a Cr\$ 250 000,00.

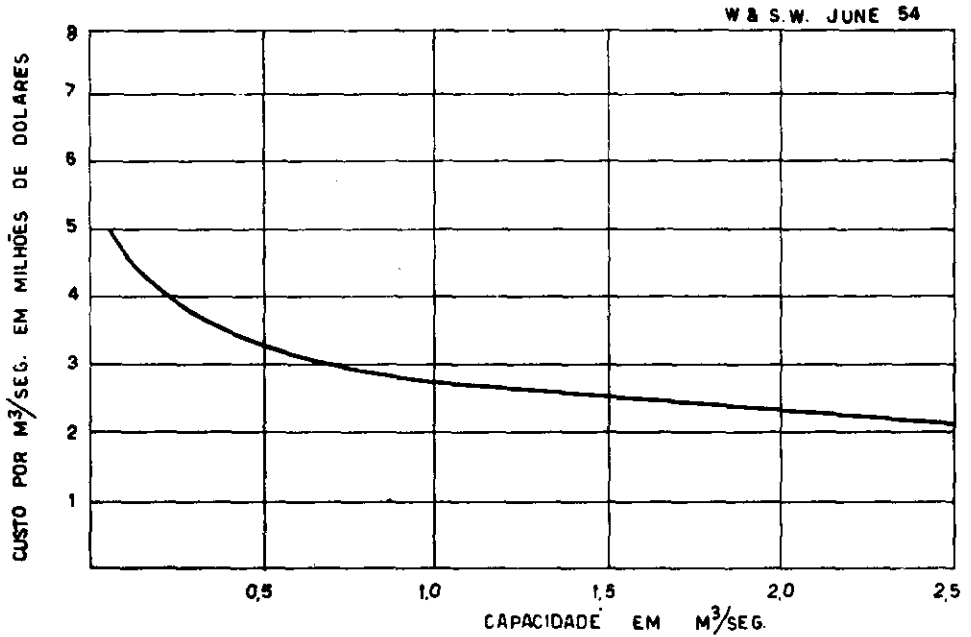
Com base ainda nos preços básicos atuais de reagentes e de energia elétrica o custo total do tratamento por metro cúbico de água pode ser estimado em Cr\$ 0,25.

CUSTO: CRUZEIRO/LITRO DE CAPAC.



VAZÃO

CUSTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE AGUA NOS ESTADOS UNIDOS



16. — Principais Característicos Técnicos

Nos quadros I e II estão apresentados resumidamente os dados técnicos mais importantes.

QUADRO I — Cotas Principais e Níveis água aproximados (*)

Pontos	Topo ou respaldo	Nível água	Piso ou fundo
Vertedor de água bruta	—	16,50	—
Tanque tranquilizador	15,50	15,00	13,00 - 13,70
Medidor Parshall (mont.)	15,50	15,00	14,22
Floculadores	14,75	14,25	9,03 - 9,35
Decantadores	14,55	14,20	8,68 - 9,25
Canal de água decantada	14,55	14,05	12,85
Filtros	14,55	14,05	11,50
Corredores de comando	17,80	—	14,55
Galerias de canalizações	—	—	9,40
Condutos de esgotos sob as galerias	9,40	—	8,20
Canal de água filtrada	7,90	—	6,25
Reservatório de água p/lavagem .	22,20	21,70	19,20
Reservatório de água filtrada ...	11,30	10,32	8,20

(*) Os dados apresentados são relativos à cota arbitrária da obra. Entre o RN do D.A.E.-D.N.O.S. e a cota de construção existe uma diferença de 2,90 m.

QUADRO II — Dados essenciais

Elementos	1.ª Etapa	Total
Capacidade (m ³ /dia)	400 000	1 200 000
Mistura rápida: Número de unidades	1	3
Floculação: Número de floculadores mecanizados ..	15	45
Tempo de floculação	30 min.	30 min.
Decantação: Número de unidades	3	9
Dimensões de cada unidade	27,30 x 119,00 x 5,25	
Processo de Limpeza	Mecanizado	
Entrada d'água	Cortina distribuidora	
Saída d'água	Vertedor desenvolvido	
Período de detenção	3 horas	
Filtração: n.º de filtros	24	72
Dimensões de cada unidade	2 x 4,20 x 16,75	
Área filtrante de cada unidade	140,7	
Área filtrante total, m ²	3 377	10 131
Profundidade da caixa do filtro	3,05 m	
Camada de areia, espessura	0,64 m	
Tamanho efetivo, mm	0,5 — 0,6	
Coefficiente de uniformidade	1,3 — 1,5	
Camada de pedregulho-seixos	0,51	
Tamanho máximo dos seixos, mm	50	
Tamanho mínimo	2 mm	
Diferença de nível entre os filtros e o reservatório de água filtrada	3,725	
Taxa de filtração m ³ /m ² dia	118	
Altura d'água acima da areia	1,40	
Sistema de drenos	Manifold e Laterais	
Água para lavagem	Reservatório Superior	
Reservatório de água p/lavagem, capacidade	900 m ³	

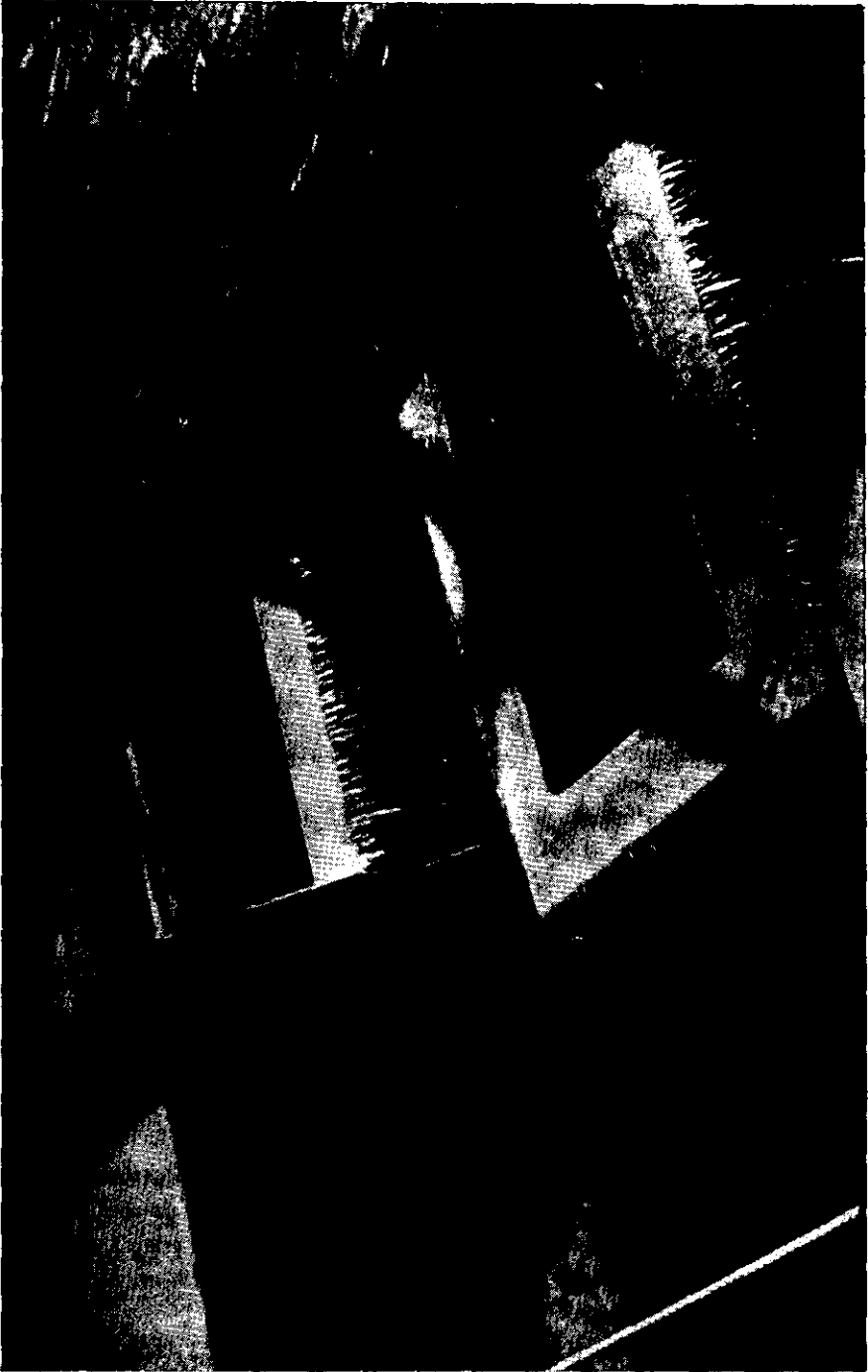
S U M Á R I O

Com a presente contribuição o Autor objetiva divulgar informações e dados técnicos relativos ao projeto da Estação de Tratamento de Águas do rio Guandú, do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal, Brasil.

Essa instalação que se inclui entre as maiores do mundo, encontra-se em fase adiantada de construção.

O seu custo unitário, excepcionalmente baixo, se deve aos recursos técnicos modernos e a métodos de construção mais eficientes.

A capacidade final da Estação de Tratamento será de 1 200 000 000 litros/24 horas (13,8 m³/seg), tendo sido prevista a sua execução por etapas de 400 000 000 litros/dia (4,6 m³/seg.).



"Fotografia tirada recentemente, mostrando o sistema adotado na saída dos decantadores".