

Comunicação Preliminar Sobre o Funcionamento de um Valo de Oxidação, com Perspectiva de Reaproveitamento da Água

Engenheiro ARMANDO FONZARI PERA — Chefe do Serviço de Laboratório e Operação do Departamento de Obras Sanitárias e Instrutor junto à Cadeira de Tratamento de Água de Abastecimento e Residuárias da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

RESUMO

Na falta de rígidas normas legais, a S. A. MARVIN, em sua moderna laminação, trefilação e extrusão de metais não ferrosos, situada em Nova Iguaçu — R. J., resolveu depurar os esgotos sanitários de seus 1.200 servidores, avaliados em 180 metros cúbicos por dia, com uma eficiência superior a 90% de redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio, o que somente poderia ser obtido mediante processos biológicos.

Na presente comunicação serão relatadas as considerações que conduziram à opção pelo tratamento em um VALO DE OXIDAÇÃO, o qual, colocado em serviço sob carga reduzida, ensejou a possibilidade do RE-USO industrial das águas uma vez já usadas para fins sanitários.

1 — CONSIDERAÇÕES GERAIS

A depuração dos esgotos sanitários de instalações industriais, quando a natureza da própria indústria não permite unificação do tratamento das águas residuárias, e na falta de maiores exigências, é realizado em simples fossas sépticas ou em seus tipos mais aperfeiçoados, para, a seguir, serem encaminhados ao destino final.

Quando porém são exigidos graus de depuração acentuados, da ordem de 90% de redução da demanda bioquímica de oxigênio, praticamente, só o tratamento biológico oferece perspectivas de correspondência.

Correspondendo porém ao objetivo final, em sua modalidade clássica, traz consigo a exigência de uma operação controlada com certo rigor, aliada a uma certa complexidade do sistema e das manobras.

A indústria moderna, com seus programas de manutenção preventiva, não vê problemas na con-

servação de um equipamento mecanizado, às vezes exageradamente, no qual motores, mancais e estruturas metálicas são similares aos da própria instalação industrial e submetidos a solicitações e agressões frequentemente inferiores aos da área de produção. Tem, porém, dificuldade em incluir no seu programa o controle do trabalho de uma instalação depuradora de esgotos, geralmente de proporções mínimas, com técnica estranha à tecnologia normal de sua linha de trabalho.

Frente a essas premissas, a indústria procura para suas estações depuradoras de esgotos sanitários processos que, embora dotados de mecanização, não possuam a eficiência em estrita dependência de uma contínua supervisão especializada.

Os clássicos tratamentos pelos filtros biológicos ou pelos lodos ativados a curto período de aeração, que obviamente estão enquadrados nas objeções acima, são também agravados por um elevado custo inicial, que atinge os limites do proibitivo à medida que são reduzidos os volumes a depurar.

Daí o interesse despertado pelo aparecimento de novos processos de tratamento biológico sob aeração prolongada, simplificados sob os aspectos esquemático e de operação, onde têm lugar, em uma ou duas unidades somente, todas as ações de desdobramento molecular ou separação de compostos menos desejáveis.

Esses processos têm sido difundidos sob várias denominações, todos, porém, com a característica de um longo período de aeração, objetivando a oxidação, praticamente total, quer dos componentes integrantes da parte líquida, quer das moléculas mais instáveis da parcela em suspensão.

Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária (Curitiba — 1965).

É natural que esta simplificação esquemática seja obtida em troca de algumas exigências de outra ordem, as quais são: maior tempo de detenção (maior volume total) e algum acréscimo no consumo de energia utilizado na movimentação do equipamento. Todavia, como têm sido preconizados somente para pequenas comunidades, estas exigências deixam de se constituir em óbices face aos pequenos volumes a depurar, dos quais ocorre, consequentemente, reduzida área que, no conjunto industrial, vem a ser ocupada.

Dentre esses processos de oxidação prolongada, sobressai, pela sua simplicidade, a recente técnica do denominado tratamento em valos de oxidação, desenvolvido pela organização holandesa de pesquisas em Engenharia de Saúde Pública, conhecida pela sigla T.N.O., onde o esgoto é tratado em uma única fase de aeração liberalmente prolongada em relação aos congêneres, resultando um efluente com elevado grau de depuração e um lodo estável.

2 — O VALO DE OXIDAÇÃO

O processo dos valos de oxidação, já bastante difundido pela literatura especializada e comunicações apresentadas em conclaves anteriores por ilustres e dedicados colegas, é constituído por um canal de forma elíptica, munido de um dispositivo de movimentação da água, denominado "rotor", o qual confere ao líquido uma velocidade de aproximadamente 0,30 metros por segundo, necessária e suficiente para a suspensão dos flocos e para uma natural aeração somada à própria aquisição de oxigênio decorrente da movimentação do "rotor". A agitação e o turbilhonamento da água, que tem a propriedade de provocar a aeração do líquido, também determinam a liberação do gás carbônico formado, propiciando condições favoráveis para a oxidação biológica, característica do processo.

Resumidamente, em palavras mais simples, o valo de oxidação é um pequeno curso de água, com velocidade de 0,30 m por segundo, possuindo uma queda de aproximadamente 1,0 m de altura cada 5 ou 10 minutos, ou cada 90 m a 180 m de percurso, constituindo, como em todos os processos biológicos, uma imitação da natureza.

O tratamento é aeróbio, com formação de lodo ativo que, separado do efluente final, mediante decantação, é retornado ao processo, para manutenção de uma adequada concentração (até 20%).

O lodo excedente, já estabilizado, é encaminhado para leitos de secagem convencionais.

A taxa de aplicação de BOD, preconizados pelo T.N.O., é de 54 gramas para 300 litros de capacidade do valo, o que conduz a períodos de 1,5 a 3,0 dias, constituindo uma característica muito fa-

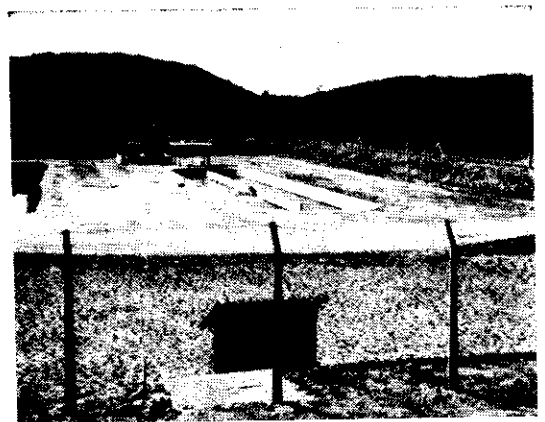
vorável à neutralização de choques, quer em relação à vazão, quer em relação à concentração, como ocorre com os esgotos sanitários de instituições industriais, que reduzem consideravelmente sua contribuição nos fins de semana.

Os valos de pequena capacidade trabalham com altura de água da ordem de um metro, o que corresponde a uma superfície de água de 0,3 m² por contribuinte.

Deduz-se dos dados acima que os valos de oxidação exigem um maior consumo de energia elétrica em virtude da acentuada oxidação e do considerável volume de líquido a movimentar, e que também exigem maior área em virtude da maior superfície por contribuinte, o que não vem constituir problema pelas razões já acima apontadas, em caráter geral, e particularmente, face à tendência atual para a descentralização industrial, com a reserva de amplas áreas para espaços verdes ou satisfação das exigências da moderna arquitetura.

3 — UM CASO PARTICULAR DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Quando a S. A. Marvin resolveu construir sua nova fábrica no município fluminense de Nova Iguaçu destinada a laminar, trefilar e extrudar metais não ferrosos, com a colaboração de 1.200 pessoas, defrontou-se com o problema do lançamento de seus efluentes em um filete de água incapaz de diluir ou depurar a menor carga poluidora e utilizado no abastecimento de duas indústrias situadas a jusante.



Vista do conjunto depurador dos esgotos sanitários, podendo-se notar detalhes do acabamento geral (alambrado, iluminação, taludes, gramados, etc.).

Na ausência de mais rígidos padrões legais, mas na presença de razões estéticas e de boa vizinhança, aliadas ao elevado padrão que orientou a construção das instalações, foi fixado um critério de redução de 90% da carga poluidora, em termos de demanda bioquímica de oxigênio.

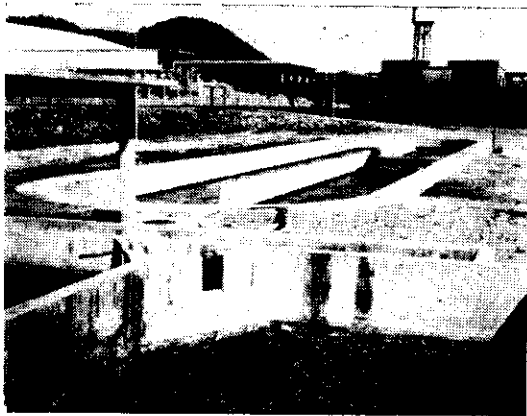
Aceita a sugestão relativa à adoção de tratamento biológico com aeração prolongada, foi escolhido o valo de oxidação para a sua efetivação.

Surgiu, entretanto, por parte da firma construtora, o problema decorrente da integral garantia de eficiência que deveria receber e transmitir à proprietária.

Para o oferecimento dessa garantia, face à inexistência de dados nacionais, somente a experiência dos próprios idealizadores do sistema poderia servir de aval, o que conduziu ao dimensionamento das unidades segundo os valores constantes do trabalho de J. K. Baars, Chefe do Departamento de Higiene do Ar, da Água e do Solo do T.N.O. (Holanda), publicado no Boletim da Organização Mundial de Saúde, n.º 26 (1962), com pequeníssimas alterações dadas por alguma prática ou necessidades locais.

4 — DESCRIÇÃO DO PROJETO

Básicamente, Baars recomenda (e comprova) uma carga de 54 gramas de BOD/dia para 300 litros de capacidade da unidade aeradora (180 gramas/dia/m³) o que corresponde, na Holanda, a 3 dias de detenção (54 gramas de BOD e 100 litros, ambos por pessoa e por dia).



Vista geral da instalação. No 1.º plano, leitos de secagem. A seguir, o valo e, no fundo, parte das instalações da Marvin S/A..

Para o caso estudado, em condições mais favoráveis de temperatura, foi adotada uma carga de BOD de 50 gramas e uma contribuição de 150 litros por pessoa e por dia, equivalentes a um total de:

60.000 gramas de BOD/dia
180.000 litros/dia.

Adotado o coeficiente de 180 gramas de BOD por m³, chegou-se a um volume total da unidade de aeração de 333 metros cúbicos equivalente a uma detenção de 1,85 dias.

Para a total satisfação da demanda de oxigênio foi adotado o fator 3 x BOD (superior ao preconizado por Baars, mas adotado atualmente pelos próprios idealizadores), equivalente a

$$\frac{3 \times 60.000}{24} = 7.500 \text{ gramas de } O_2 \text{ hora.}$$

Foi adotado um "rotor" de gaiola, com diâmetro nominal de 0,70 m e para girar a 73 rpm, de acordo com os motores e redutores patronizados existentes no mercado brasileiro.

Um rotor desse tipo, com essas características e com alto rendimento, pode transferir, em submersão média, 3 quilos de oxigênio por hora e por metro, o que equivaleria à exigência de 2,5 metros para a satisfação da demanda acima calculada. A prudência, entretanto, em se tratando do primeiro equipamento a ser construído pelos fornecedores, aconselhou a adoção de uma folga de 25%, chegando-se ao número de

3,2 m de "rotor" de $\varnothing = 0,70$ m a 73 rpm esperando-se, também, obter a velocidade necessária de 0,30 m no valo.

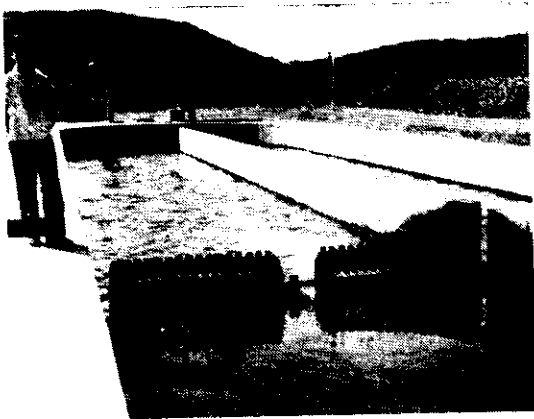
Pelas mesmas razões de prudência e por se tratar de equipamento para trabalho contínuo, o acionamento do "rotor" foi previsto para ser feito por um motor de 12 HP (1.750 rpm), acoplado a um redutor de igual potência, embora teoricamente fôsse suficiente uma potência de 7 HP.

Com relação a essas precauções, cabe a observação quase dispensável que os dados disponíveis eram todos baseados no padrão de acabamento e resistência da indústria européia, os quais ainda são, incontestavelmente, superiores aos nossos.

Para a regulação da submersão do "rotor" foi previsto um dispositivo tipo "vertedor" com altura variável.

Para a separação e retorno dos lodos foi eleito um decantador "Dortmund", com taxa de escoamento de 25 m³ x m² x dia, ligado a uma bomba de lodo da menor capacidade a ser obtida no mercado, já que teoricamente seriam bombeados 1.500 litros por hora, para recirculação ou emissão dos lodos excedentes para o tanque de secagem, este dimensionado segundo uma área de 0,035 m² por pessoa.

Finalmente, foi adotada a construção em concreto, com seção retangular, altura média de 1 metro, não só por motivos estruturais ligados ao terreno como também pelas seguintes razões:



Rotor, vendo-se o mancal intermediário

- a) a seção retangular, em função do dimensionamento do "rotor", é mais favorável à transferência do movimento;
- b) a construção em concreto, ou alvenaria, permite uniformidade e constância na seção, evitando desmoronamentos ou vegetação;
- c) o canal com baixo coeficiente de atrito possibilita um maior rendimento mecânico do "rotor", e

d) a apresentação e conservação da obra muito vem a lucrar com esse tipo de construção.

5 — DESCRIÇÃO DA OBRA

Construído o valo e seus órgãos acessórios (decantador e leitos de secagem), o dimensionamento real foi o constante da prancha de página 9, em decorrência das seguintes contingências:

- a) o "rotor" foi dividido em duas seções de 1,60 m para colocação de um mancal intermediário de apoio, o que determinou uma largura de 4,10 m para o canal;
- b) o eixo do "rotor" foi colocado a 1,20 m do fundo e o dispositivo de variação da lâmina foi construído com possibilidade de ser regulado entre 0,90 m e 1,10 m.

A superfície de água resultou em 340 m² e a extensão teórica em 83 metros lineares.

A tabela seguinte oferece as características resultantes da variação da altura (h) da água para as características finais.

h em metros	Submersão do rotor - metros	Volume do valo - m ³	Detenção prevista - dias	Gramas de BOD/m ³
0,90	0,05	306	1,7	196
1,00	0,15	340	1,9	176
1,10	0,25	374	2,1	160

6 — DADOS DA OPERAÇÃO ATUAL

A indústria iniciou suas atividades no primeiro semestre do corrente ano, estando ocupando em suas atividades 400 pessoas somente, o que não permite avaliar em sua plenitude, as condições de funcionamento da estação depuradora. Entretanto, alguns elementos já obtidos, conduzem a uma animadora perspectiva e permitiram a apuração de dados orientadores.

O primeiro número refere-se à contribuição individual, a qual para 400 pessoas está sendo de 80.000 litros por dia, com um BOD médio de 150 p.p.m., correspondendo a um volume de 200 litros e a uma carga de 30 gramas de BOD, ambos por pessoa e por dia.

E' perfeitamente explicável o número encontrado para as cargas de BOD já que o trabalhador passa parte do dia na indústria. Porém, o elevado

volume "per capita" somente encontra explicação no fato de se tratar de uma instalação dimensionada para uma população muito maior, o que está facultando excesso de utilização dos aparelhos.

As condições de trabalho, com essa baixa carga, não sendo de todo favoráveis à coleta de dados, determinaram o caráter preliminar desta comunicação, mas o exame dos resultados, onde se nota que não só o grau de depuração, como os recursos de tratamento foram muito superiores ao necessário, permite avaliar a eficiência do equipamento e do processo.

Sob essa reduzida carga, o "rotor" trabalhou até o mês de Julho somente oito horas diárias, tendo sido realizada uma observação acompanhada de amostragem no fim desta fase.

As características de operação anotadas foram as seguintes:

Submersão do rotor — 0,15 m
Volume do valo — 340 m³
Carga diária de BOD — 12.000 gramas
BOD/volume/24 horas — 36 g/m³
BOD/volume/8 horas — 108 g/m³
Energia consumida — 5 HP
Velocidade no valo — 0,25 a 0,30 m/seg
Volume e índice de lodo — 3% e 60

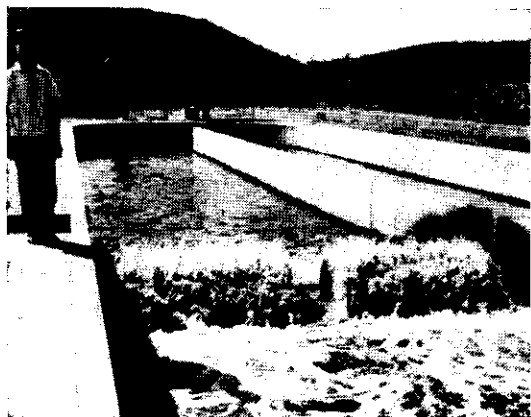
As características do efluente em um período de seis dias, oscilaram, segundo os dados abaixo:

Temperatura — 22°C
Demanda bioquímica de oxigênio — 2 a 5 ppm
Oxigênio dissolvido — 5,2 a 6,7 ppm
Turbidez — 18 a 22 (proc. de campo)
pH — 6,9

Com esses resultados, dos quais sobressaiu o excesso de aeração propiciado pelo equipamento, será possível calcular os valores acima dos quais o mesmo normalmente trabalhará.

Chegou-se, assim, aos seguintes números:

- Transferência de oxigênio por metro de rotor: acima de 1,4 quilos por metro e por hora.
- Transferência por HP utilizado: acima de 0,9 quilos por hora.
- Velocidade inteiramente satisfatória à manutenção do lodo em suspensão e este, por sua vez, apresentou sedimentação praticamente total em 15 minutos.
- A eficiência foi elevadíssima, apesar da baixa concentração de lodo, decorrente de descargas não programadas.



Rotor em funcionamento, com submersão de 15 cm.

No momento está sendo reformulado o programa de operação do rotor, que passará a ser graduado automaticamente, devendo ser colocado em serviço durante certa porcentagem do tempo, em função da carga enviada à instalação.

E' opinião do autor que, em lugar de ser variada a submersão de acordo com a demanda de oxigênio, mantendo-se o equipamento em contínuo funcionamento, melhor será manter a submersão em condições ótimas e controlar o tempo de funcionamento do motor (mediante adequado dispositivo), com o que será bastante reduzido o desgaste do conjunto. E' recomendável somente que as interrupções não sejam superiores a 15 minutos para ser evitada excessiva decantação no próprio valo.

Idêntica recomendação pode ser feita para a bomba de recirculação do lodo, que, na instalação em estudo, gira cinco minutos cada hora.

7 — PERSPECTIVAS DO RE-USO INDUSTRIAL DA ÁGUA

O re-uso das águas para fins industriais constitui prática normalmente aplicada nas bacias altamente industrializadas, porém, sempre mascarada pelos próprios re-usuários, com o nome de "captação e tratamento de águas poluídas, por usuários de montante".

Essa fuga da realidade ou auto-ilusão a que se submete a indústria tem provocado sérios problemas na purificação das águas das citadas bacias, pelo fato de serem as mesmas oriundas dos mais variados processos, contendo toda a orte de poluentes de fácil ou difícil eliminação, mas sempre de difícil identificação ou previsão.

Em contrapartida, lança a indústria um efluente perfeitamente seu conhecido, quer com relação a quantidade, quer com relação a qualidade. Apenas acha o industrial que o que lança é esgoto e o que capta é água, embora poluída.

Já é tempo de se propôr, paralelamente aos programas de controle de poluição, atividades de recuperação de águas, que, bem avaliadas, pouca sobrecarga constituirão além do ônus correspondente ao cumprimento da lei, na neutralização da sua capacidade poluidora.

Não se preconiza o re-uso para fins domésticos, o que psicologicamente não oferece perspectivas.

O re-uso agrícola exige condições particulares de necessidade e localização, o que limita bastante a sua viabilidade.

Mas, o re-uso em determinadas indústrias, que possuem volumoso efluente sanitário, que se encon-

tram sob a contingência da depuração do mesmo e que se acham situadas em bacias de escassos recursos hídricos, é medida que, a exemplo de outras regiões do globo, já deve começar a constituir preocupação de nossos técnicos.

O trabalho, sob carga reduzida do valo de oxidação descrito na presente comunicação, seguido de uma decantação, que pelas mesmas razões, se torna dilatada, ensejou a oportunidade de ser apresentada uma sugestão relativa ao estudo de viabilidade do uso desse processo, sob adequados critérios, em programa de re-utilização industrial de efluentes sanitários.

Com características de um rio poluído em fase de adiantada recuperação, com a liquefação ou gasificação da quase totalidade da matéria orgânica, um líquido submetido à depuração sob essas condições apresenta, como desabonador acréscimo de seus constituintes, somente um aumento sensível do teor de cloretos, já que os sulfatos são mínimos e os compostos do nitrogênio, se inquinados de inconveniente, poderão ser eliminados por de nitrificação ou cloração, segundo seu estado.

A baixa mineralização das águas da maioria das regiões industriais do país torna altamente viável o uso de águas que tenham sofrido êsse pequeno acréscimo, não uma mas várias vezes, o que ainda não é sugerido.

A fls. seguinte é transcrita uma análise típica do efluente da instalação depuradora de esgotos da S. A. Marvin, pela qual pode ser avaliada a qualidade do líquido que pode ser obtido sob as condições verificadas. Suas características são bem melhores que muitas águas naturais não poluídas.

Mesmo que um tratamnto não tenha a eficiência apontada, não será de lamentar que após um apreciável dispêndio para tornar um efluente quase

inofensivo, se o envie a descarga, para que outros o usem, quando com uma pequena despesa a mais êle poderá tornar-se fator de recuperação de tôda despesa realizada?

E' suficiente uma comparação econômica entre o custo de uma depuração incipiente somada a uma captação adequada de um lado e uma depuração avançada de outro.

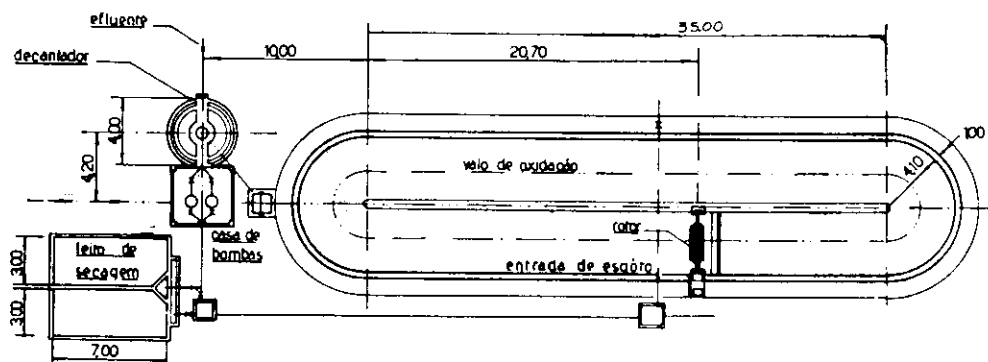
Não pretendem constituir as palavras finais deste trabalho uma tese defendendo o re-uso das águas, tese que nem caráter de ineditismo apresentaria, já que constitui prática e preocupação de célebres organizações internacionais. Não constituiria siquer inovação, pois é o que se faz normal e atenuadamente ao longo de nossos rios.

Pretendem, porém, levar uma mensagem de advertência e orientação aos colegas que integrados em programas de abastecimento industrial, frequentemente se vêem envolvidos em problemas de pesquisas de novos mananciais para fins menos nobres que a alimentação e, às vezes, também não tão exigentes que impeçam o aproveitamento de líquidos cuja origem, apenas no nome, é psicologicamente menos indicada que certos mananciais.

E' necessário lembrar que quanto mais aproveitadas forem as águas captadas, maiores disponibilidades permanecerão para futuros abastecimentos de comunidades.

A preocupação do mundo volta-se para a preservação dos recursos naturais com o mais alto grau de aproveitamento dos já explorados.

Dentro dessa programação, aos Sanitaristas compete cuidar dos recursos hídricos e dentro dessa ordem de idéias é que o autor oferece a presente contribuição.



Disposição esquemática da instalação.

ANÁLISE DE ÁGUA

INTERESSADOS: MARVIN S/A. — Nova Iguaçu — Rio de Janeiro
LOCAL DA COLHEITA: Efluente da Estação de tratamento de Esgotos Domésticos.
DATA: 26-7-1965 **ANÁLISE N.º 3.266**

	EXPRESSO EM	QUANTIDADE	UNIDADE
Côr	Pt	25	p p m.
Turbidez	SiO ₂	11	"
Odor		—	—
pH		6,9	
Temperatura		22	°C
Sólidos totais		329	p p m.
Perda por calcinação		131	"
Resíduo fixo		198	"
Sólidos em suspensão		traços	"
Dureza permanente	CaCO ₃	6	"
Dureza temporária	CaCO ₃	97	"
Dureza total	CaCO ₃	105	"
Alcalinidade dos hidróxidos	CaCO ₃	0	"
Alcalinidade dos carbonatos	CaCO ₃	0	"
Alcalinidade dos bicarbonatos	CaCO ₃	97	"
Gás carbônico livre	CO ₂	24	"
Cloretos	Cl	36	"
Ferro	Fe	0,1	"
Sílica	SiO ₂	—	"
Oxigênio consumido	O ₂	4,8	"
Oxigênio dissolvido	O ₂	5,5	"
B.O.D. (5 dias — 20°C)	O ₂	7,0	"
Cálcio	Ca	36,0	"
Magnésio	Mg	3,5	"
Nitrogênio nitroso	N	0,04	"
Nitrogênio nítrico	N	27,0	"
Nitrogênio amoniacal	N	inferior a 1	

OBSERVAÇÕES:

Ensaio segundo o S.M.W.A.

AGRADECIMENTOS

A coordenação do projeto do Valo de Oxidação descrito na presente comunicação esteve a cargo do autor que deseja consignar seus agradecimentos a Christiani Nielsen Engenheiros e Construtores S/A., Fil-san-Projetos e Equipamentos Hidráulicos Ltda. e Marvin S.A., respectivamente, construtores, fornecedores de equipamentos e proprietários da Instalação, pelas facilidades concedidas para a elaboração do presente trabalho.