



**PROJETO TÉCNICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS DO RESIDENCIAL AZIZ LOUVEIRA**

LOUVEIRA – SÃO PAULO

REVISÃO 1

JUNHO/2001

SERCONS - SERVIÇOS DE CONSULTORIA EM SANEAMENTO**PROJETO TÉCNICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RESIDENCIAL AZIZ LOUVEIRA - LOUVEIRA - SP****I. INTRODUÇÃO**

O presente Estudo Técnico refere-se ao Projeto Hidráulico-Sanitário da Estação de Tratamento de Esgoto do Loteamento Residencial Aziz Louveira, situado em Louveira - São Paulo.

O empreendimento terá 275 lotes residenciais unifamiliares, com área média de 550 m², e um lote com 5.100 m² destinado ao clube esportivo. Está localizado entre a Via Anhanguera e o rio Capivari, às margens deste, no limite do município de Louveira com Vinhedo.

Por força das diretrizes de água e esgoto, exaradas pela Prefeitura Municipal, o Residencial Aziz Louveira contará com sistema de abastecimento de água ligado à rede pública e sistema coletor de esgotos sanitários, que encaminhará as águas servidas ao tratamento objeto do presente projeto.

O sistema de tratamento de esgoto proposto é constituído pelo processo de lodos ativados, de fluxo intermitente, com eficiência prevista de 90% na remoção da carga orgânica (expressa em termos de DBO).

O efluente tratado será lançado no Rio Capivari que, de acordo com o Decreto nº 10.755, de 22/11/77, está enquadrado na classe 2. A vazão mínima anual média de 7 dias consecutivos com 10 anos de período de retorno, no ponto de lançamento do esgoto tratado, é de 210 l/s.

O módulo de tratamento a ser implantado, de imediato, terá capacidade para beneficiar 1.248 habitantes, correspondente à população prevista na saturação urbanística do empreendimento imobiliário.

As cargas orgânicas e hidráulicas médias a serem tratadas pelo sistema projetado serão, respectivamente, de 62,4 kg DBO₅, 20° C/d e 200 m³/d.



II. PARÂMETROS BÁSICOS ADOTADOS

1. Considerações Preliminares

Inicialmente estavam previstos 302 lotes residenciais, mas houve necessidade de reduzi-los para 275. Mesmo com essa redução foram mantidas as cargas orgânicas e hidráulicas, bem como as dimensões das unidades e equipamentos do processo de tratamento. A única mudança em relação ao projeto já aprovado pela CETESB/GRAPROHAB resume-se na alteração da disposição física das unidades da ETE na nova área destinada ao sistema depurador, maior do que a área anterior, o que permitiu localizá-las mais afastadas dos lotes.

Desse modo, a ETE terá uma flexibilidade operacional e eficiência ligeiramente superiores às inicialmente previstas, vantagens essas não consideradas neste estudo.

2. Parâmetros adotados

A Prefeitura Municipal de Louveira forneceu, através das Diretrizes para Elaboração de Projetos, as seguintes grandezas:

- Número de lotes residenciais: 275;
- Número de moradores por lote: 4;
- Consumo médio de água: 200 l/dia/morador.

Foi considerada uma vazão adicional, equivalente a 10 lotes, para suprir a demanda da quadra de esportes, portarias de empreendimento, consumo dos empregados, da ETE e afins. Desse modo o equivalente de lotes residenciais totaliza 312 unidades, que será o número empregado no projeto.

Com base na NBR 13.969, de setembro de 1997, dados da literatura especializada e experiência em projetos similares, no desenvolvimento do presente estudo, foram considerados os seguintes parâmetros:



- Coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8;
- Taxa de infiltração: incluída no coeficiente de retorno (rede coletora em PVC-JE);
- Coeficiente de máxima vazão diária: $k_1 = 1,2$;
- Coeficiente de máxima vazão horária: $k_2 = 1,5$;
- Coeficiente de mínima vazão horária: $k_3 = 0,5$;
- Carga orgânica "per capita": 50 g DBO₅, 20° C/hab.d;
- Carga "per capita" de S. Suspensão: 60 g SS/hab.d;
- Carga "per capita" de Nitrogênio Total Kjeldahl: 8 g NTK/hab.d;
- Carga "per capita" de Fósforo Total: 2 g Pt/hab.d.

Com base nos parâmetros considerados, elaborou-se a Tabela 1 de "Vazões e Cargas Poluidoras Médias" dos principais elementos de interesse para o projeto.

TABELA I - VAZÕES E CARGAS MÉDIAS DE PROJETO

Total de residências: 312.

População contribuinte, hab = 1.248.

Vazões (m³/d)

- mínima: 99,84
- média: 199,68
- máxima diária: 239,62
- máxima horária: 359,41

Carga de DBO₅, 20° C, kg/d: 62,4

Carga de SS, Kg/d: 74,88

Carga de NTK, kg/d: 9,98

Carga de Pt, kg/d: 2,50.



III. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CORPO RECEPTOR

O curso d'água receptor dos esgotos sanitários do Loteamento Residencial Aziz Louveira é o Rio Capivari. Afluente da margem direita do Rio Tietê Médio Superior, possui área de drenagem de 1.655 km².

O rio Capivari nasce no Município de Jundiaí, corta a Via Anhanguera na altura de Vinhedo, onde muda seu curso, dirigindo-se para o oeste do Estado até o seu deságue no rio Tietê, após um percurso total de 180 km.

As águas da cabeceira da bacia do Capivari são utilizadas para o abastecimento do município de Vinhedo e, ao longo do seu curso, abastecem inúmeras indústrias.

A bacia do rio Capivari, pertencente à 5ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo é ocupada predominantemente por cultura de cana-de-açúcar, seguida de pastagens e cultivos de milho, café, feijão, além de atividades horti-fruti-granjeiras. As atividades industriais de importância na bacia são as do ramo sucro-alcooleiras, curtumes, alimentícias, papel, papelão e química, que contribuem de forma significativa na poluição do rio Capivari. Recebe a carga poluidora dos esgotos de Louveira e de parte dos esgotos de Campinas, 60 km a jusante de suas cabeceiras.

1. ASPECTOS LEGAIS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

1.1. Legislação Estadual

O rio Capivari, de acordo com o Decreto nº 10.755, de 22/11/77, está enquadrado na Classe 2, que compreende as águas destinadas ao abastecimento público, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e, finalmente, à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

O Decreto 8.468, em seu Artigo 11, estabelece os seguintes padrões de qualidade para o rio:

"I - virtualmente ausentes:



- materiais flutuantes;
- substâncias solúveis em hexano;
- substâncias que comuniquem gosto ou odor;
- substâncias tóxicas.

II - Ausência de Corantes Artificiais.

III - NMP (Número Mais Provável), de coliformes totais até 5.000/100 ml;
- NMP (Número Mais Provável) de coliformes fecais até 1.000/100 ml.

IV - DBO₅, 20° C (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 5,0 mg/l.

V - OD (Oxigênio Dissolvido) não inferior a 5,0 mg/l".

O Artigo 18 do referido Decreto estabelece os padrões de lançamento para efluentes líquidos:

- I - ph entre 5,0 e 9,0.
- II - Temperatura inferior a 40° C
- III - Materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l.
- IV - Substâncias solúveis em hexano até 100 mg/l.
- V - DBO₅, 20° C até 60 mg/l, ou então redução de 80% no tratamento."

1.2. Legislação Federal

A resolução CONAMA Nº 20/86 estabelece em seu artigo 5º, para os rios de Classe 2, os mesmos padrões paulistas, mais os seguintes:

- cor até 75 mg/l;
- turbidez até 100 UNT;
- fosfato total: 0,025 mg/l.

O artigo 21, por outro lado, estabelece os padrões para lançamento de efluente que são análogos aos paulistas, com uma restrição maior para o teor de óleos e graxas:

- óleos minerais até 20 mg/l;
- óleos vegetais e animais até 50 mg/l.



1.3. Considerações sobre a qualidade das águas

Até 1994 a qualidade das águas do rio Capivari tem sido acompanhada pela CETESB por meio de um único ponto de amostragem (OOSP 12 CA 2200), situado na Ponte da Rodovia Monte-Mor - Fazenda Rio Acima.

Em busca de melhor representatividade e em atendimento às necessidades inerentes aos programas de controle de poluição das águas, a partir de 1997, a CETESB passou a incluir mais dois novos pontos de amostragem das águas do rio Capivari.

Um dos pontos (CPIV 02 900) situa-se próximo à foz no rio Tietê e outro (CPIV 02 130) situa-se na captação ETA 4 da cidade de Campinas, a montante do antigo e único ponto de amostragem (00 SP 12 CA 2200).

Com base nos resultados mais recentes obtidos na Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, ano 1997, a qualidade das águas do rio Capivari, ao longo do seu curso, mantém-se ou sofre leve deterioração, sem nenhuma melhora significativa em relação à da década passada.

"Em nenhum dos pontos amostrados foi possível verificar a existência de uma tendência definida de evolução da qualidade da água nos últimos cinco anos".

No ponto CPIV 02 130, mais próximo das cabeceiras, a qualidade das águas, segundo o IQA manteve-se no decorrer de 1997, enquadrada na categoria de qualidade BOA, cujos resultados mensais, obtidos dos principais parâmetros de interesse para o presente estudo, constam a seguir:

Os padrões da Classe 2 não foram atendidos para os parâmetros fósforo, coliformes totais, fecais e DBO. Este fato confirma que, mesmo em pontos próximos das cabeceiras, os esgotos sanitários, sem tratamento, provocam alterações no curso d'água, além dos limites estabelecidos pela sua classe.



Admitindo-se que o rio Capivari, nas suas cabeceiras, apresente águas de melhor qualidade que aquelas amostradas no ponto P IV 02 130, com concentrações dos principais parâmetros de controle dentro dos limites estabelecidos pelos padrões da sua classe, assumiu-se para os estudos da diluição dos esgotos do Residencial Aziz Louveira, os seguintes parâmetros médios para as águas do rio Capivari (nascentes até montante de Louveira):

- DBO_5 , 20° C,: 2,0 mg/l (rio limpo);
- OD saturação (26° C, 630 m de altitude): 7,49 mg/l;
- OD, antes de qualquer lançamento: 0,95 Cs 7,12 mg/l
- NMP de coliformes fecais: 0 organismos/100 ml (rio limpo a montante do lançamento, com uma contagem desprezível de coliformes).

2. ASPECTOS QUANTITATIVOS (ESTUDO HIDROLÓGICO)

Para obtenção do $Q_{7,10}$, vazão mínima anual média de sete dias consecutivos com 10 anos de período de retorno, que possa refletir uma situação hidrológica de estiagem do rio Capivari, foi empregado o Estudo de Regionalização de Vazões Médias, Mínimas, Volumes de Regularização e Curvas de Permanência no Estado de São Paulo, desenvolvido pelo departamento de Águas e Energia Elétrica, publicado na Revista Águas e Energia Elétrica nº 14, ano 5, 1988.

2.1. Área de Contribuição da Bacia Hidrográfica (Ad)

Com base em cartas planialtimétricas da região, na escala 1 : 50.000, a área de drenagem do rio Capivari, no ponto de lançamento dos esgotos do Loteamento Residencial Aziz Louveira é de aproximadamente 101,20 km².

2.2. Precipitação Anual Média da Região (P)

O total anual médio de precipitação na bacia hidrográfica em questão, baseado no mapa de isoietas anuais média, é de 1.300 mm/ano.



2.3. A vazão média plurianual (Q_{med})

A vazão média plurianual será calculada pela equação $Q_{med} = a + bP$, onde a e b são dados tirados da Tabela dos Parâmetros de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo.

A região hidrologicamente semelhante à bacia hidrográfica em questão é a Região G. Para essa região, os valores a e b são, respectivamente: $a = -26,23$ e $b = 0,0278$.

A vazão média plurianual será igual a 1.003,00 l/s ou 9,91 l/s . km².

2.4. Vazão Mínima Anual de 7 dias Consecutivos e 10 anos de Período de Retorno $Q_{7,10}$ (l/s).

Será calculada pela equação:

$$Q_{7,10} = C \cdot X_{10} (A + B) Q_{med}$$

Para a região hidrológica semelhante à do estudo, o valor de $C = 0,75$. Aplicando-se os valores de X_{10} , A e B , retirados da Tabela de Parâmetros Regionais, tem-se:

$$Q_{7,10} = 0,75C \cdot 0,632 (0,4089 + 0,0332) 1.002,89 = 210,16 \text{ l/s.}$$

Com base na Metodologia de Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo, proposta pelo DAEE, as contribuições específicas mínimas e médias para o rio Capivari serão, respectivamente, 2,08 l/s . km² e 9,91 l/s . km².

Assim, na sua foz no rio Tietê, o $Q_{7,10}$ do Capivari é da ordem de 3.440 l/s, cerca de 16 vezes superior à mínima anual de sete dias consecutivos com período de retorno de 10 anos, na seção onde será efetuado o descarte do esgoto tratado do Residencial Aziz Louveira.



IV - QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO

Neste item pretende-se avaliar a qualidade das águas geradas pela estação de tratamento de esgoto com relação aos parâmetros DBO₅, 20° C, Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais e Nitrogênio Total Kjeldahl.

1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅, 20° C)

O esgoto terá uma DBO₅, 20° C de 312,50 mg/l para a vazão média diária e de, aproximadamente, 260 mg/l para a vazão máxima diária. Como o sistema foi projetado para assegurar uma eficiência de 90% na remoção da DBO₅, 20° C, o efluente tratado teria uma DBO₅ máxima de 31,0 mg/l.

2. Oxigênio Dissolvido

Os equipamentos de aeração foram dimensionados para garantir uma concentração mínima de 1,0 mg/l para o efluente tratado, nas condições mais críticas (mês mais frio e demanda total de oxigênio para a vazão máxima). Por medida de segurança, será adotado, neste estudo, o valor de 0,5 mg/l.

3. Coliformes Fecais

3.1. Concentração no Esgoto Bruto

Será adotado um valor médio de 2×10^7 cf/100 m.

3.2. Redução no Tratamento

a) Sem a cloração final do efluente:

Segundo dados disponíveis na literatura (Von Sperling), a eficiência de remoção de coliformes fecais no tratamento biológico por lodos ativados, modalidade aeração prolongada, varia de 65% - 90%.



No presente estudo, com razoável segurança, antes da desinfecção final dos efluentes, a eficiência na remoção de coliformes fecais, no Lodo Ativado por Batelada, será de 75%. Assim, a concentração de coliformes fecais, na saída de cada batelada, será da ordem de $5,0 \times 10^6$ organismos/100 ml.

b) Com a Cloração Final do Efluente:

Admitindo-se que o rio, a montante do lançamento, seja limpo, com uma contagem desprezível de coliformes ($N_{\text{rio}} = 0$ organismos/100 ml), a eficiência de remoção de coliformes fecais na cloração do efluente tratado, para que o rio fique dentro dos padrões da Classe 2, é calculada a seguir:

- Concentração de Coliformes fecais, após a desinfecção:

$$N_e = \frac{(Q_r + Q_{\text{esg}}) N_o - Q_r \cdot N_r}{Q_{\text{esg}}}$$

onde

Q_r = vazão do rio = 210 l/s

Q_{esg} = vazão de esgotos = 2,31 l/s

N_o = concentração de coliformes fecais na mistura esgoto-rio, após lançamento (Classe 2) = 1.000 org/100 ml (padrão).

N_r = número de coliformes fecais no rio (rio limpo, contagem desprezível de coliformes) = 0 org/100 ml.

$$N_e = \frac{1.000 (210 + 2,31) - 210 \cdot 0}{2,31} = 91.865,38 \text{ org/100 ml}$$

Eficiência requerida para remoção de coliformes fecais na desinfecção final será de 98,16%.



- Residual de cloro

Adotando-se uma câmara de contato com detenção de 30 minutos,

$$\frac{N_t}{N_o} = \frac{1}{(1 + 0,23 \text{ Ct} \cdot t)^3}$$

N_t = número de coliformes fecais no tempo t = 91.865,38 NMP/100 ml.

N_o = número de coliformes fecais no tempo t_o = 5×10^6 NMP/100 ml

C_t = residual total de cloro no tempo t , mg/l.

t = tempo de residência, 30 minutos.

$$\frac{91.865,38}{5 \times 10^6} = \frac{1}{(1 + 0,23 \times 30 \text{ Ct})^3}$$

C_t = 0,40mg/l

- Eficiência global

No sistema de tratamento de lodos ativados por batelada, com desinfecção final com cloro do efluente tratado, a eficiência na remoção de coliformes fecais será de 99,54%.

4. Nitrogênio e fósforo

A partir de cinéticas empregadas em sistemas de lodos ativados de fluxo contínuo, modalidade aeração prolongada, estimamos as reduções de nitrogênio e fósforo no tratamento proposto em torno de 19% e 15%, respectivamente.

Entretanto, considerando análises feitas pela própria CETESB em 2 reatores de lodo ativado por batelada, tratando esgoto doméstico, projetados sem a necessidade de remoção de nutrientes, pode-se considerar remoções mais significativas de nitrogênio e fósforo em torno dos 50% e 70%, respectivamente.



A estação de tratamento projetada para os esgotos do Residencial Aziz Louveira deverá produzir um efluente final com concentrações de 25,0 mg/l em NKT e de 3,80 mg/l em Fósforo Total.

V - AVALIAÇÃO DO IMPACTO NO PONTO DE LANÇAMENTO

Desconsiderando-se os efeitos benéficos da autodepuração, o impacto ocasionado pela descarga do efluente tratado dos esgotos do Residencial Aziz Louveira, I no rio Capivari, imediatamente após o lançamento, pode ser assim mensurado:

1. DBO₅ da mistura

A DBO₅ da mistura córrego - efluente tratado seria igual a 2,32 mg/l. O acréscimo da DBO nas águas do rio seria, portanto, de 15,8%, entretanto, não desobedeceria o inciso IV do artigo 11 do Decreto 8.468/76.

2. OD da mistura

A concentração de oxigênio dissolvido na mistura efluente tratado - córrego seria de 7,05 mg/l, assumindo que o efluente de tratamento tem concentração nula de oxigênio dissolvido.

A redução na concentração de oxigênio dissolvido seria, portanto, de aproximadamente 1,0% e não desobedeceria o inciso V do artigo 11 do Decreto 8.468/76, onde o teor mínimo permissível de oxigênio dissolvido é de 5,0 mg/l.

O déficit de oxigênio no ponto de lançamento (mistura) será de 0,44 mg/l.



VI - TRATAMENTO DE ESGOTOS

1. Concepção

Entre os processos de tratamento biológico de esgoto, reconhecidamente aplicáveis e já comprovados na prática, adotou-se o de lodos ativados com operação intermitente, modalidade aeração prolongada.

O processo de lodos ativados por batelada consiste na incorporação de todas as unidades de processos e operações normalmente associadas ao tratamento convencional de lodos ativados, quais seja, decantação primária, oxidação biológica, decantação secundária e digestão do lodo em um único tanque.

O processo consiste de um reator de mistura completa, onde ocorrem todas as etapas de tratamento, seqüencialmente no tempo, isto é, a remoção dos poluentes, sedimentação dos sólidos e a retirada do efluente tratado, de modo cíclico, com duração definida.

A massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos, eliminando, desse forma, a necessidade de decantadores separados e de elevatórias de recirculação de lodo.

Os ciclos normais de tratamento são:

- enchimento/reação/sedimentação/esvaziamento e repouso.

Periodicamente, uma parte do lodo biológico gerado no processo deve ser retirada (lodo excedente) e encaminhada para leitos de secagem, lagoas de lodo ou digestor anaeróbio.

O sistema de liga/desliga do equipamento de aeração deve ser através de "timer" , com sistema de drenagem manual ou automático do efluente tratado.

As vantagens mais importantes oferecidas por esse processo são:



- Eficiência comprovada na remoção dos poluentes (rendimento sempre superior a 80% da carga poluidora afluente), aliada à simplicidade operacional e construtiva.
- Quando projetado para operar na modalidade aeração prolongada, além de proporcionar a estabilização do lodo, possibilita que este seja disposto em leitos de secagem e lagos de lodo, sem a necessidade de digestores.
- Como a massa biológica permanece no reator durante todas as etapas de tratamento, esse processo é resistente a variações bruscas de concentração e de vazão do afluente.
- Não há produção de maus odores, podendo ser instalado relativamente próximo de residências ou de áreas de lazer.
- Fácil de operar, quando comparado aos processos convencionais de lodos ativados. O enchimento dos reatores, parada e acionamento dos aeradores, descargas do efluente tratado e do lodo podem ser automatizados, seqüencialmente no tempo, e acionados por um relógio de tempo de um Controlador Lógico Programável.

As desvantagens do processo são:

- Dependendo das modificações incorporadas ao processo, a fim de se atingir determinados objetivos no tratamento de esgotos, os reatores por batelada necessitam de tanques de maiores volumes que os requeridos pelo processo de lodos ativados de fluxo contínuo.
- Os dispositivos de aeração devem atender toda a demanda de oxigênio durante a fase de reação. Dessa forma, a potência dos equipamentos instalados em cada reator deve ser suficiente para suprir, durante um intervalo de tempo menor (fase de aeração), toda a massa de oxigênio requerida. Assim, a potência instalada deve levar em consideração o número de reatores que possam estar em reação e fora de reação.
- Em relação às lagoas de estabilização (não aeradas), consideradas as modalidades de tratamento de menor custo de implantação, o Lodo Ativado por Batelada consome energia elétrica, necessita de manutenção dos aeradores, necessita de controle operacional mínimo e os tanques de aeração são em concreto armado.



- Não existe, até o presente, uma modelagem de ampla aceitação para o sistema por batelada, principalmente cobrindo as etapas de remoção de nitrogênio e fósforo.

O Lodo Ativado por Batelada (LAB), proposto no presente estudo, é composto pelas seguintes unidades:

- Pré-tratamento:
 - grade;
 - caixa de retenção de areia;
 - medidor de vazão;
 - elevatória de esgoto bruto.
- Tratamento Biológico:
 - tanques de Aeração/Decantação (reatores biológicos);
 - câmara de desinfecção do efluente tratado e do líquido do adensador;
 - adensador de lodo por gravidade;
 - leitos de secagem de lodo.

A operação é bastante simples e processa-se da seguinte maneira:

O esgoto, após passar pela unidade de gradeamento e desarenação, aonde são separados os sólidos grosseiros em suspensão e o material inerte (areia), é conduzido aos tanques de aeração, para oxidação da matéria orgânica.

No tanque de aeração (reator biológico) é introduzido oxigênio da atmosfera, por intermédio da agitação do líquido, provocado pelo aerador mecânico. Este oxigênio será utilizado pelos microrganismos aeróbios que irão se alimentar das impurezas orgânicas presentes no esgoto e transformá-los em substâncias estáveis, tais como gás, carbono e água.



Concluída a aeração, o aerador é desligado e mantido assim por um período mínimo de 1,2 h, de forma a permitir uma boa separação do lodo ativado do sobrenadante (efluente tratado)

O líquido clarificado (efluente tratado) é então descarregado (manual ou automaticamente), encaminhado para o corpo receptor, após desinfecção com cloro, para eliminar os microrganismos.

Após a descarga do efluente tratado, o tanque (reator) está apto para iniciar um outro ciclo.

O ciclo operacional proposto no presente projeto tem duração de 8,0 horas, sendo 2,0 horas para enchimento/aeração, 3,8 horas para reação/aeração, 1,2 horas para sedimentação e 1,0 hora para retirada ou descarte do efluente tratado.

O lodo, que é gerado pelo processo a partir da reprodução dos microrganismos presentes, permanece no reator durante todos os ciclos, até o ponto em que não prejudique as descargas do sobrenadante, que arrastariam grandes quantidades desse material, comprometendo a qualidade do esgoto tratado.

No presente estudo, a concentração de sólidos em suspensão presentes no interior dos reatores cheios e homogeneizados, deve ser mantida, no máximo, em torno dos 3.680 mg/l.

O lodo em excesso, em condições bastante mineralizadas, deve ser descarregado em espessador por gravidade e, depois do adensamento, encaminhado para os leitos de secagem, sem necessidade de qualquer tratamento posterior.

3. Unidades componentes

Para beneficiar um equivalente populacional de 1.248 habitantes, correspondente a uma vazão média diária de 199,68 m³/d e uma carga diária de 62,4 kg DBO₅, 20°C. O módulo de tratamento projetado constará das seguintes unidades:



- (uma) grade manual de barras, ferro chato, de 3/8" x 2", espaçadas de 25 mm, instalada num canal de 0,15 m de largura, com inclinação de 60° com a horizontal. A quantidade de material gradeado, esperada no final da ocupação será da ordem de 8 l/dia.
- (duas) caixas de retenção de areia, seção trapezoidal, base menor com 0,14 m, base maior de 0,23 m e altura de lâmina de 0,089 m,

comprimento de 2,5 m. O nível de água e a velocidade são controlados por uma calha de "Parshall" de 3" ($Q = 0,1765 H^{1,547}$). A câmara de armazenamento de areia tem capacidade de 0,069 m³, suficientes para 7 dias de retenção, a uma taxa de produção de 0,04 m³/1.000 m³.

- (uma) Estação Elevatória de Esgoto Bruto destinada a recalcar os esgotos gradeados e desarenados para os reatores biológicos (tanques de aeração). A capacidade útil do poço será da ordem de 1,43 m³ (\varnothing 1,35 m) e abrigará 2 (dois) conjuntos motor-bomba submersos (1 de reserva e rodizio). Como cada bomba deverá recalcar no mínimo 15 m³/h, foi selecionado o conjunto da KSB, tipo submersível 80-200E, 1.750 rpm, \varnothing 160 mm com motor de 3,3 CV, que deverá fornecer 22 m³/h contra 9,55 mca (NA_{\min} do poço) e 26 m³/h contra 9,10 mca (NA_{\max} do poço).

Desse modo, têm-se as seguinte características:

- . tempo de parada máximo para vazão mínima: 20 min 33 seg;
- . número máximo de partidas por hora: 2,36 (para NA_{\min} do poço).
- 2 (dois) tanques de aeração (reatores), com as seguintes características unitárias:
 - . volume total (útil + borda livre): 163,84m³;
 - . altura útil: 3,00 m;
 - . borda livre: 0,90 m;
 - . área em planta: 40,96 m² (6,4 m x 6,4 m);
 - . altura de enchimento: 0,81m;
 - . altura de transição: 0,122 m;
 - . altura de lodo: ~ 2,07 m;
 - . número de ciclos por dia: 3;



- . tempo total do ciclo: 8,0 h;
 - . tempo de enchimento: 2,0 h;
 - . tempo de reação: 3,8 h;
 - . tempo de sedimentação: 1,2 h;
 - . tempo de retirada: 1,0 h;
 - . volume de cada retirada (descarte do efluente): 33m^3 ;
 - . vazão de cada retirada: $33\text{m}^3/\text{h} = 9,2\text{ l/s}$.
 - . número de retiradas por dia: 6 (3 retiradas/dia.tanque);
 - . massa de SSTA nos reatores: 900 kg SS;
 - . concentração de SS no lodo sedimentado: 5.300 mg/l ;
-
- . lodo excedente (diretamente do reator): $51,94\text{ kg SS/d}$;
 - . requerimentos de O_2 (condição padrão, com nitrificação): $8,68\text{ kg O}_2/\text{h}$;
 - . número de aeradores por tanque: 1;
 - . potência do aerador: 10 CV;
 - . densidade de potência resultante: $\sim 60,0\text{ W/m}^3$;
-
- (um) tanque de contato com $18,00\text{ m}^3$ de volume útil ($2,50\text{ m} \times 5,0\text{ m} \times 1,45\text{ m}$), dotado de 7 (sete) chicanas de fluxo horizontal, afastadas entre si de $0,63\text{ m}$ e com $1,88\text{ m}$ de comprimento, com a finalidade de assegurar o tempo de retenção necessário para a desinfecção do efluente final tratado e do sobrenadante (clarificado) dos adensadores. A desinfecção será feita por hipoclorito de sódio (Na O Cl), dosado por meio de bomba diafragma. Aplicando-se solução concentrada de hipoclorito de sódio, com 10% de cloro disponível, dosagem de cloro de 5 ppm, vazão de descarte de $35,0\text{ m}^3/\text{retirada}$, o consumo mínimo do desinfetante será da ordem de $10,5\text{ kg/d}$;
 - 1 (um) adensador de lodo, por gravidade, com a finalidade de espessar o lodo, reduzindo o seu teor de umidade, assegurando o envio de lodo mais concentrado para os leitos de secagem. O adensador tem volume útil de $3,5\text{ m}^3$, forma quadrada ($1,50\text{ m} \times 1,50\text{ m}$), com fundo em tronco de pirâmide invertida, altura útil de $2,30\text{ m}$. O adensador será alimentado 4 (quatro) vezes por dia (2 cargas por dia por tanque de aeração). Com o adensamento é prevista a redução do excesso do lodo do reator de $14,0\text{ m}^3/\text{d}$ (retirado diretamente do tanque de aeração) para aproximadamente $1,7\text{ m}^3/\text{d}$ (retirado do adensador). O lodo adensado será encaminhado para leitos de secagem por meio de bomba submersa, instalada no próprio adensador;



- Os leitos de secagem, em número de 4 (quatro) unidades, com dimensões de 4,0 m x 8,0 m, foram previstos para operar com altura de carga altura lodo fluído) de 0,30 m, ciclo de operação de 20 dias. O líquido drenado dos leitos de secagem será encaminhado por gravidade para o poço de sucção da elevatória de esgoto bruto.

VII - DIMENSIONAMENTO

1. UNIDADES DE PRÉ-TRATAMENTO

1.1. Gradeamento

Após a chegada do emissário será instalada uma grade de barras para remoção dos sólidos grosseiros, com as seguintes características:

- perfil das barras: ferro chato de 3/8"x 2";
- espaçamento (a): 1";
- espessura das barras (t): 3/8";
- velocidade através da grade (V): 0,60 m/s;
- vazão (Q_{max}): 4,16 l/s

. área útil de escoamento:

$$A_u = \frac{Q_{max}}{V} = 0,00693 \text{ m}^2$$

. eficiência da grade:

$$E = \frac{a}{a + t} = 0,727$$

. seção de escoamento:

$$A = \frac{A_u}{E} = \frac{0,00693}{0,727} = 0,00953 \text{ m}^2$$



. perda de carga na grade (Metcalf e Eddy)

$$hf = \frac{1,43 (V^2 - v^2)}{2g} = \frac{1,43 (0,860^2 - 0,313^2)}{2 \times 9,81} = 0,04681 \text{ m.}$$

Será adotado um rebaixo na grade de 0,05 m, o que garantirá a não ocorrência de sobrelevação a montante da grade.

. altura da lâmina d'água a jusante: 0,089 m, valor da lâmina obtido no vertedor "Parshall" de 3", instalado a jusante dos desarenadores.

. altura da lâmina a montante da grade: 0,039 m (rebaixo de 0,05 m);

. largura útil mínima da grade

$$b = A/h = 0,11 \text{ m;}$$

valor adotado: 0,15 m.;

. número de barras (N):

- largura do canal: $b = 150 \text{ mm;}$

- espaçamento: $a = 1" = 0,025 \text{ m.}$

- espessura: $t = 3/8" = 0,010 \text{ m.}$

$$N = \frac{b - a}{a + t} = 3,57 \text{ barras}$$

Deverão ser dispostas 4 barras paralelas de ferro chato de 3/8" x 2" (10 x 50 mm).

1.2. Caixas de retenção de areia

Serão adotadas duas caixas de areia tipo canal, "parabólica" para compensar as variações de vazões, associadas a uma calha "Parshall" de 3".

A equação característica do "Parshall" de 3":

$$Q = 0,1765 \cdot H^{1,547}$$

- Lâminas d'água

| | |
|---------------------|--------------|
| . mínima: 1,56 l/s | H = 0,039 m; |
| . média: 2,31 l/s | H = 0,0607 m |
| . máxima : 4,16 l/s | H = 0,0887 m |



- Largura da parábola

$$L = \frac{3Q}{2 HV}$$

Para os valores das lâminas acima e para a velocidade $V = 0,30$ m/s, obteremos:

| | | |
|----------------|--------------|--------------|
| . vazão mínima | H = 0,039 m | L = 0,1491 m |
| . vazão média | H = 0,0607 m | L = 0,1905 m |
| . vazão máxima | H = 0,0887 m | L = 0,2345 m |

- comprimento da caixa

$$C = 2,5 H = 2,22 \text{ m (adotado 2,5 m)}$$

- Armazenamento da areia:

Para uma taxa de $0,040 \text{ m}^3/1.000 \text{ m}^3$ e um período de 7 dias para a remoção da areia, têm-se:

$$V = 7 \times \frac{0,040}{1.000} \times 199,68 = 0,056 \text{ m}^3$$

Comprimento: 2,5 m

Largura: 0,14 m

Altura: 0,12 m

Valor adotado: 0,15 m.

Será utilizada a seção tipo de caixa de retenção de areia, associada a um medidor "Parshall" de 3", apresentado no Livro Tratamento de Águas Residuárias dos professores José M. de Azevedo Netto e Max Lothar Hess.



2. TRATAMENTO BIOLÓGICO

O sistema de tratamento de lodos ativados por batelada projetado tem capacidade para beneficiar 1.248 habitantes.

2.1. Parâmetros Básicos do Projeto

- Carga Orgânica a ser tratada: 62,4 kg DBO₅, 20° C/d.
- Vazão média afluyente: 199,68 m³/d.
- Carga de Sólidos em suspensão: 74,88 kg/d.
- Carga de NTK; 9,98 Kg/d.
- Carga de P total: 2,496 kg/d.
- Altitude : 630 m.
- Temperatura do líquido:
 - . média do mês mais frio: 18° C.

. média do mês mais quente: 26° C.

- Qualidade do efluente tratado: DBO: 31 mg/l
- SS: 35 mg/l

2.2 Critérios, Coeficientes Cinéticos e parâmetros do Projeto das Unidades

2.2.1. Reatores Biológicos

- Coeficiente de produção celular (y): 0,6 g SSV/g DBO₅
- Coeficiente de respiração endógena (corrigido) (Kd): 0,07 d⁻¹;
- Tempo de retenção celular (idade do lodo) (θ_c): 26 d;
- Concentração de DBO₅ total afluyente: (S₀): 312,5 mg/l;
- Concentração de DBO₅ solúvel do efluente (S): 17,4 mg/l;
- Concentração de SSV no reator (X_v): 2.500 mg/l);
- Concentração de SSTA (X): 3674,5 mg/l;
- Relação SSV/SS: 0,68;
- Fração biodegradável de SS voláteis (fb): 0,587;
- Vazão afluyente média (Q): 199,68 m³/d;
- . Volume de reação dos reatores (V_{reac}):

$$y \cdot \theta_c \cdot Q (S_0 - S)$$



$$V_R = \frac{Q \cdot T_{total}}{X_v (1 + f_b \cdot K_d \cdot \theta_c)} = 177,85 \text{ m}^3$$

- Número de ciclos por dia (m) = 3;
- Tempo total do ciclo (T_c): 8 h;
- Tempo ativo (T_{ativo}): 5,8 h;
- Volume total dos reatores:

$$V_{tot} = V_{reat} \times \frac{T_{total}}{T_{ativo}} = 245,31 \text{ m}^3$$

- Volume de enchimento:

$$V_{ench} = \frac{Q}{m} = 66,56 \text{ m}^3$$

- Altura de enchimento:

$$H_{ench} = H_{total} \times \frac{V_{ench}}{V_{total}} = 0,814 \text{ m}$$

- Tempo de sedimentação dos sólidos: $t = 1,20$ (sedimentalidade entre média e ruim).

- Volume de lodo

$$V_L = \frac{H_{total} - 1,15 H_{ench}}{H_{total}} \times V_{total} = 168,765 \text{ m}^3$$

- Concentração de SS no lodo sedimentado (X_r):

$$= \frac{(X) \cdot V_{total}}{V_L} = 5.344 \text{ mg/l}$$

- Solução proposta:

- . número de tanques: 2.
- . volume total unitário: $163,84 \text{ m}^3$.
- . tempos dentro de cada ciclo:
 - . enchimento: 2,0 h
 - . reação: 3,8 h
 - . sedimentação: 1,2 h
 - . retirada: 1,0 h



2.2.2. Requisitos de Oxigênio:

- Oxigênio requerido (condições de operação) NB 570: $3 Q \cdot So$.
- Oxigênio requerido por tanque e por ciclo (ORc)

$$ORc = \frac{3,0 \times Q \cdot So}{n \cdot m \cdot t_{aer}} = 5,38 \text{ kg O}_2/\text{h} \cdot \text{tanque}$$

- Oxigênio requerido (condições padrão) mês mais frio:
 $O \times Rp = O \cdot Rc/f = 8,68 \text{ kg O}_2/\text{h} \cdot \text{tanque}$

$$f = \alpha [(\beta \cdot Cw - CL) / Cs] \times 1,024^{T-20}$$

- . temperatura do mês mais frio: 18°C
- . altitude: 630 m.

- Fator de correção para altitude: 0,933

- Concentração de O_2 ao nível do mar (mg/l):

| | | | |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| . temperaturas: | 20°C | 18°C | 26°C |
| . concentrações: | 9,02 | 9,4 | 8,02 |

- Concentrações de O_2 , 630 m de altitude (Cw), mg/l2

| | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| . temperaturas | 20°C | 18°C | 26°C |
| . concentrações | 8,42 | 8,77 | 7,49 |

- Concentração de O_2 mínimo no tanque de aeração, $C_L = 1,0 \text{ mg/l}$

$$\alpha = 0,84$$

$$\beta = 0,90$$

- f = fator de correção de oxigênio requerido para condições padrão (20°C):
0,62 (mês mais frio)

- Oxigênio Requerido (condições padrão) para as condições padrão no mês mais quente:

$$O.Rp = O.rc/f = 8,64 \text{ kg O}_2/\text{h} \cdot \text{tanque}.$$



- f = fator de correção de oxigênio requerido para as condições padrão: 0,623 (mês mais quente).
- eficiência média dos aeradores: $E.O = 1,4 \text{ kgO}_2/\text{Kwh}$
- potência útil requerida por tanque: $.O.Rp/E.O = 6,20 \text{ Kw}$
- potência útil requerida por tanque: 8,43 CV (potência comercial adotada = 10 CV)
- número de aeradores por tanque: 1
- número total de aeradores: 2
- potência total instalada: 20 CV
- Densidade de potência resultante: $\sim 59,85 \text{ W/m}^3$

2.2.3. Produção de Sólidos em Suspensão

$P_x = (1,0 \text{ kg SS/kg DBO}_R) \times 58,93 = 58,93 \text{ kg SS/d}$ (sólidos em suspensão afluentes ao reator e formados no reator).

- Sólidos em suspensão saindo com o efluente final: 6,99 kg SS/d.
- Sólidos em suspensão a serem removidos do sistema: 51,94 kg SS/d.
- Volume a ser removido por dia diretamente do reator (antes da sedimentação): $14,13 \text{ m}^3/\text{d}$.

2.2.4. Adensador

Destinado a fazer o controle hidráulico de lodo, utilizando como matéria prima a mistura líquida proveniente dos reatores biológicos.

O lodo adensado terá como destino os leitos de secagem, enquanto o líquido sobrenadante será encaminhado para o tanque de contato de cloro.

O lodo espessado será encaminhado aos leitos por intermédio de bomba submersa instalada dentro do poço de lodo do adensador.

- Volume do adensador



Adotando-se 1 (um) adensador para os dois tanques de aeração, prevendo-se 2 (duas) remoções diárias por reator, não simultaneamente, teremos um volume de adensador igual a $3,5 \text{ m}^3$.

As características principais do adensador são:

- forma: quadrada, com fundo em tronco de pirâmide invertida;
- número de unidades: 1;
- área por unidade: $2,25 \text{ m}^2$;
- dimensões em planta:
 - . comprimento: $1,5 \text{ m}$
 - . largura: $1,5 \text{ m}$.
- altura útil da parte cilíndrica: $1,10 \text{ m}$
- dimensões do tronco de pirâmide:
 - . lado maior: $1,5 \text{ m}$
 - . lado menor: $0,30 \text{ m}$
 - . altura: $1,2 \text{ m}$
- ângulo de inclinação com a horizontal: $63,4^\circ$.
- volume: $1,12 \text{ m}^3$.

2.2.5. Leitos de secagem

Foram dimensionados a partir das seguintes premissas

- duração do ciclo de operação: 20 dias;
- peso seco dos sólidos no lodo: $51,94 \text{ kg SS/d}$;
- teor de sólidos no lodo aplicado: 3% (adensamento por gravidade);
- peso específico do lodo; 1.000 kg/m^3 ;
- altura máxima de lodo sobre o leito: $0,30 \text{ m}$.

Com a descarga sobre o leito de 0,30 m necessitaríamos de uma área de 115 m², resultando em 4 leitos de 3,8 m x 7,6 m, suficientes para a desidratação e secagem do lodo correspondente a 1.248 habitantes, população final prevista para o loteamento. Os leitos a serem implantados terão dimensões de 4,0 m x 8,0 m, para maior eficiência e flexibilidade da operação de desidratação.



2.2.6. Tanque de Contato de Cloro

Destinado a proporcionar o tempo necessário para destruição dos organismos patogênicos, foi dimensionado para o tempo de detenção de 30 minutos, com base no volume descartado por cada batelada.

$$V = 31 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{30}{60} = 16,5 \text{ m}^3$$

Foi adotado um volume útil de 18,0 m³ para assegurar também o recebimento do sobrenadante dos adensadores, sem comprometer o tempo de detenção mínimo assumido.

Para garantir a velocidade adequada em cada canal ou chicana, as características principais resultantes para a unidade são:

- Comprimento (interno) da câmara: 5,0 m;
- largura (interna) da câmara: 2,5 m;
- altura útil: 1,45 m;
- número de chicanas horizontais: 7 (8 canais)
- largura de cada canal: 0,63 m;
- comprimento da chicana: 1,88 m



VIII - DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO TRATAMENTO

1. O material retido na unidade de gradeamento e a areia dos desarenadores poderão ser enterrados no próprio local e/ou transportados por caminhões e enterrados em valas, numa área a ser definida junto à Prefeitura local.

Para evitar o problema de mau cheiro e proliferação de moscas, o material, quando enterrado, deve ser recoberto por uma camada de terra de 0,30 a 0,50 m.

As estimativas das quantidades (kg/dia) de material gradeado e areia, geradas pelo processo, no final da ocupação do loteamento serão, respectivamente, de 3,9 kg/dia e 17,6 kg/dia.

2. O lodo seco dos leitos de secagem poderá ter um dos seguintes destinos:

- utilização em aterro sanitário, como parte do material de cobertura do lixo;
- disposição em aterro de lodo em área a ser definida pela Prefeitura local;
- utilização em gramados ou na agricultura como condicionador de solo.

O volume de lodo seco para disposição final, quando da ocupação total do tratamento, será de 0,12 m³/dia.

APROVADA

Secretaria de Obras e Serviços Públicos
Prefeitura Municipal de Louveira

Em 21/12/2001

EDSON RICARDO M PISSULIN
Eng.º Civil - CREA 5060109128/D

Processo n.º 2001/5429