

Tratamento secundário de efluentes hídricos através do sistema de lodo ativado em reator fechado

MFN -0655

N CHAMADA:

TITULO: Tratamento secundário de efluentes hídricos através do sistema de lodo ativado em reator fechado

AUTOR(ES): Herrera, J.Ratnieks, E.Lima, N.Menegotto, V.R.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 17

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 19-23.11.1984

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1984, ABTCP

PAG/VOLUME: p.787-804, v.2

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 17, 1984, São Paulo, v.2, p.787-804

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO: O sistema de tratamento de efluentes implantado na RIOCELL, foi planejado para propiciar uma qualidade compatível com as exigências dos órgãos de controle vigentes no estado. Estaremos apresentando a descrição do tratamento de efluentes e em especial o tratamento secundário

TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE EFLUENTES HÍDRICOS
ATRAVÉS DO SISTEMA DE LODO ATIVADO EM REATOR FECHADO

Herrera, J. - CRQ 05300173
 Ratnieks, E. - CRF 2508
 Lima, N. - CREA 41380
 Menegotto, V.R. - CRQ 7316

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul - Guaíba - Brasil



1. Descrição do tratamento de efluentes

O sistema de tratamento de efluentes implantado na Rio Grande Companhia de Celulose do Sul - Riocell, foi planejado para propiciar uma qualidade compatível com as exigências dos órgãos de controle vigentes no Estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, procurou-se adotar a melhor tecnologia existente para condições locais, estando estas em consonância com "BA TEA - The Best Available Technology Economically Achievable". Para o desenvolvimento do projeto considerou-se que a Riocell é uma indústria com uma linha de produção exclusivamente de celulose branqueada e não branqueada através do processo kraft com uma produção diária de aproximadamente 750 ton AD/dia.

O tratamento de efluentes implantado na Riocell consiste das seguintes unidades.

- Prê-tratamento,
- Tratamento primário,
- Tratamento secundário,
- Tratamento terciário.

Os efluentes de características alcalinas provenientes da fábrica sofrem, no pré-tratamento, gradeamento e remoção de partículas grosseiras, tais como grânulos de areia. Em uma câmara selada hidraulicamente, este efluente é misturado ao efluente ácido gerado na planta de branqueamento da celulose. Sob forte agitação e com adição de produtos químicos tais como leite de cal ou ácido sulfúrico, os efluentes são levados a pH próximo ao neutro. Os gases que possam evoluir são abatidos por um lavador de gases em dois estágios. O efluente é então enviado aos decantadores primários, havendo a possibilidade de serem desviados à lagoa de emergência antes de atingirem os decantadores. Esta providência é tomada quando ocorrerem variações bruscas da qualidade do efluente. A posteriori o efluente da lagoa retorna ao pré-tratamento. O efluente, após os decantadores primários, passa por uma série de trocadores de calor que propiciam o condicionamento da temperatura do efluente às necessidades do tratamento biológico. Após o arrefecimento de temperatura, o efluente segue à lagoa de homogeneização e posterior alimentação ao tratamento biológico. No item que segue, o tratamento biológico será amplamente discutido. Após os decantadores secundários, o efluente segue aos decantadores terciários onde ocorre a cla-

rifloculação do efluente. Como etapa final o efluente é enviado a lagoa de polimento para o condicionamento de sólidos residuais, sendo este então enviado, através de tubulação, próximo ao meio do estuário do Rio Guaíba, junto ao canal de navegação. Para provocar uma melhor diluição, o emissário dispõe de difusores à saída do efluente. Os resíduos sólidos removidos nos decantadores primários, secundários e terciários são enviados a tanques de mistura de lodos onde sofrem adensamento e posteriormente são desagudados em prensas e estocados em silos fechados para subsequente disposição em aterros sanitários ou utilização mais nobre como adubo orgânico.

1.1. Descrição do tratamento biológico de efluentes

Na evolução e diversificação de tratamentos secundários de efluentes hídricos, um dos mais recentes desenvolvimentos é, sem dúvida alguma, o sistema de lodos ativados desenvolvido em reator fechado com utilização de oxigênio. Procuramos neste item dar enfoque quanto ao aspecto descritivo deste sistema implantado na Riocell.

Este sistema constitui-se fundamentalmente em um reator selado hidraulicamente e dois decantadores em paralelo que recebem o efluente oriundo do reator. O reator construído em concreto apresenta as seguintes características dimensionais internas:

| | |
|-------------|----------|
| Comprimento | - 83,0 m |
| Largura | - 16,6 m |
| Altura | - 6,8 m |

Por estes dados observa-se que para a maior capacidade ou volume de trabalho do reator (6300 m^3), mesmo em regime de trabalho não constante, o tempo de residência do efluente será variável, porém, sempre em intervalo de tempo muito reduzido conforme pode ser visto no Quadro I. O reator, internamente apresenta duas fases (líquida e gasosa) que estão definidas espacialmente em quatro câmaras. Estas câmaras, chamadas estágios, estão interligadas propiciando, através de chicanas, um maior percurso e homogeneização da fase líquida. Na fase gasosa por sua vez, dá-se a difusão através de aberturas na parte superior das paredes que compõe as chicanas. Para uma efetiva ação microbiológica é necessário que a fase gasosa seja incorporada a fase líquida permitindo a respiração dos microorganismos e consequente oxidação da carga biodegradável. Para permitir esta interação, o reator dispõe de agitadores-aeradores de superfície que seguem a seguinte disposição: dois agitadores no primeiro estágio e um agitador para cada estágio subsequente. Na Figura 1 que segue é apresentada a disposição física interna do reator biológico, de patente da Union Carbide, denominado UNOX.

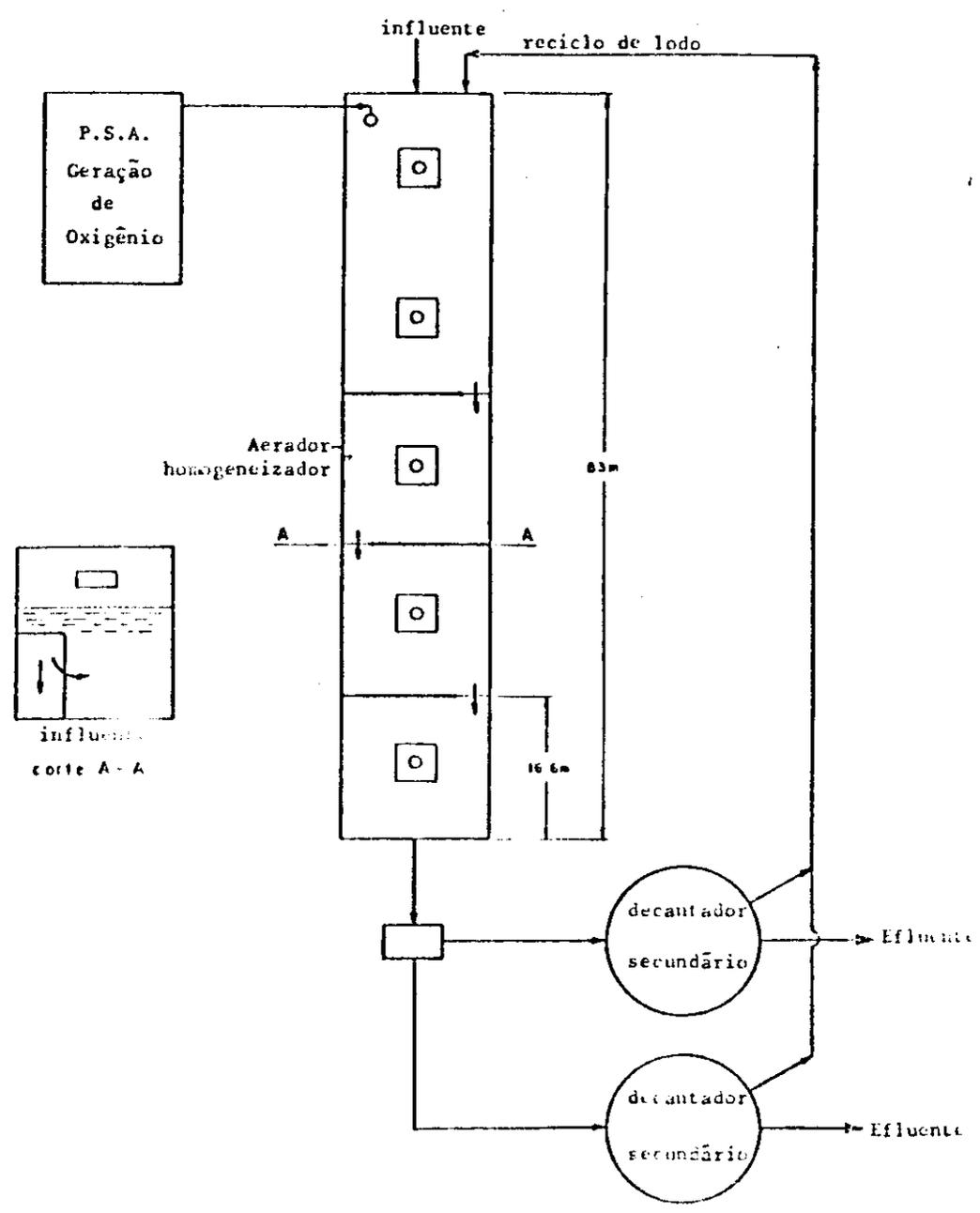
Os estágios apresentam os seguintes dimensionamentos: Primeiro estágio $33,2 \text{ m} \times 16,6 \text{ m} \times 6,8 \text{ m}$, demais estágios $16,6 \text{ m} \times 16,6 \text{ m} \times 6,8 \text{ m}$.

Para o suprimento de oxigênio ao reator UNOX foi implantado na Riocell o sistema P.S.A. (Pressure Swing Adsorption) patente de domínio da Union Carbide. Esta planta tem capacidade de produção de 28 ton/dia de oxigênio com uma pureza de 90%. Para suprimento auxiliar, para eventualidades de danos a esta planta, existe uma unidade que dispõe de oxigênio líquido. O sistema P.S.A. opera através de resinas moleculares que separam o oxigênio do ar, alimentando o reator continuamente.

Em seqüência, após a reator UNOX estão dispostos dois decantadores secundários em paralelo. Esta disposição prevê a operação da planta com somente um decantador sem muito prejuízo de qualidade, na eventualidade de dano do outro decantador, visto que em projeto previu-se uma grande margem de segurança do sistema hidráulico dos mesmos. Ambos os decantadores são de mesmas proporções e guardam as seguintes dimensões; diâmetro 43 m,

altura cilíndrica 5,8 m, altura central 6,0 m, altura de líquido 4,9 m e volume de trabalho de cada um de 7125 m³. O influente líquido adentra o decantador por tubulação na parte inferior central enquanto que o efluente é transbordado perifericamente através de vertedouros reguláveis que provocam uma lâmina de líquido contínuo e uniforme em toda periferia do decantador. O lodo é extraído através de tubos de sucção envoltos parcialmente pelas lâminas raspadoras fixadas à ponte rolante e enviado a uma caixa receptora sifão. Posteriormente, através de tubulação central, é retirado do decantador.

Figura 1 - Disposição interna do reator UNOX e disposição do tratamento biológico



2. Desempenho do sistema biológico implantado na Riocell

O sistema de tratamento biológico foi implantado na Riocell no início de 1983, porém, dadas as dificuldades de acerto de ordem de manutenção, o reator biológico mais propriamente, operou inicialmente com seu sistema de controle operacional prejudicado, visto os agitadores não apresentarem condições ideais de operação. Consequentemente ocorriam prejuízos de trocas de fase gasosa e líquida que permite o suprimento do oxigênio para a respiração dos microorganismos e consequente oxidação da carga biodegradável. Outro fator importante é a homogeneização do influente e nutrientes que igualmente apresentaram deficiências. Este problema veio a ser resolvido em janeiro de 1984, quando regularizou-se a operação mecânica dos mesmos. Porém, este período coincidiu com um verão bastante intenso e nos meses de janeiro e fevereiro ocorreu um problema agravante de temperaturas e levadas no sistema biológico que, paralelamente às explicações contidas nas discussões dos itens, contribuíram grandemente para que a eficiência do sistema se mantivesse inferior à desejada (objetivo maior que 90%).

O Quadro I apresentado foi elaborado visando dar vistas a qualidade do efluente e principais parâmetros de controle desde o período de "start-up" da planta até junho de 1984. Para a elaboração de dados procedeu-se ao agrupamento de valores médios para períodos de dois meses visto observarem-se pequenas variações em meses subjacentes. Em gráficos estão expressas as principais variáveis para permitir uma visualização mais clara e abrangente das oscilações ao longo do tempo (Gráficos 1 e 2).

Para a interpretação deste quadro é necessário que tenhamos presentes alguns parâmetros considerados responsáveis diretos pela qualidade do efluente e outros, que afetam parcial ou totalmente aqueles anteriores. Para tanto, procuramos salientar estas relações e, em item próprio à discussão do reator, dar esclarecimentos embasados em valores obtidos em planta.

A performance do tratamento biológico está intimamente relacionada à carga orgânica volumétrica (C.O.V.) que adentra o reator. Esta variável guarda uma íntima relação com a carga biodegradável do influente, desde que se considere que esta não sofra grandes variações quanto à qualidade e quantidade das substâncias que a compõe. Desta forma, podemos assumir, com uma faixa de erro admitida constante, que a C.O.V. seja carga biodegradável. Da mesma forma anterior, assumimos que a carga absoluta de biomassa (C.A.B.), dada em função do lodo reciclado, seja representativa da quantidade de microorganismos presentes no lodo ativado. Partindo destas premissas, ressaltadas as observações anteriores, podemos considerar que estes dois parâmetros, através de sua interrelação, sejam responsáveis pela eficiência obtida no reator UNOX. Ressalve-se que existem outros parâmetros de controle igualmente importantes tais como; teor de oxigênio dissolvido, adição conveniente de nutrientes (100 DBO₅: 5N : 1P). Estes fatores porém, afetam um ou ambos os fatores anteriores que, por sua vez, terão reflexos diretos sobre a matéria biodegradável e consequentemente sobre a eficiência do reator conforme citado anteriormente.

A interrelação dos fatores C.O.V. e C.A.B. dá-se através do parâmetro taxa F/M (concentração de substrato no influente/massa total de microorganismos ou seja, C.O.V. para o volume total do reator/C.A.B em kg) portanto, este deverá ser o principal objeto de cuidados no controle de qualidade do efluente.

Para a análise do Quadro I procedeu-se a divisão em duas etapas definidas pelo conserto dos agitadores do reator UNOX. A primeira etapa é dada pelo período de "start-up" até dezembro de 1983. Este período caracteriza-se por apresentar deficiências de oxigenação da fase líquida, propiciando portanto, uma condição própria de desenvolvimento de microorganismos

mos e, conseqüentemente um equilíbrio na taxa F/M diferenciado da condição normal, que será vista na segunda etapa. Observa-se porém, que uma aeração deficiente poderá manter um excesso de matérias nutritivas portanto, excesso de valor energético, impedindo a boa floculação e conseqüentemente obtêm-se uma baixa eficiência do reator. Nos dados apresentados no Quadro I vê-se que as maiores eficiências obtidas ocorreram justamente quando foi reduzido o valor da taxa F/M, o que representa um aumento de biomassa C.A.B. (JUL/AGO e SET/OUT). Na análise do parâmetro oxigênio dissolvido vemos valores elevados à saída do reator, porém devemos considerar que, para uma perfeita operação deveríamos ter trocas igualmente perfeitas em todos os estágios do reator, fato este que não ocorreu neste período em discussão. Portanto, apesar dos valores elevados de oxigênio dissolvido na saída do reator, ocorreram deficiências de oxigenação aos microorganismos.

Com vistas à qualidade do efluente, devemos considerar três fatores fundamentais quais sejam: carga de matéria biodegradável que adentra o reator (C.O.V.), eficiência obtida no reator e teor de sólidos suspensos no transbordo dos decantadores secundários. Ponderando estes fatores poderemos ter altas cargas no efluente com ótimas eficiências do reator, o que não é desejado. Na análise deste período vemos o seguinte quadro de referência:

| Período | Eficiência de remoção de DBO_5 % | Carga orgânica volumétrica a saída do reator $kgDBO_5/1000 m^3/dia$ | Sólidos suspensos do efluente mg/l |
|---------|------------------------------------|---|--------------------------------------|
| MAI/ABR | 62 | 211,3 | 234 |
| MAI/JUN | 86 | 185,5 | 167 |
| JUL/AGO | 90 | 128,7 | 219 |
| SET/OUT | 89 | 124,6 | 175 |
| NOV/DEZ | 83 | 213,5 | 335 |

Por estes dados vemos que a melhor qualidade do efluente foi no período de SET/OUT quando obteve-se uma eficiência de 89%, não sendo a melhor nos períodos (90%). Portanto, para baixas cargas no influente obtiveram-se ótimas eficiências do reator. O teor de sólidos suspensos no efluente está intimamente relacionado à formação de flocos que, por sua vez, à característica da condição de operação do reator. É um fato de conhecimento que o sistema UNOX, por ser compacto, requer alta energia, grande turbulência e, aliado às características dos flocos formados, que será discutido no item seguinte, apresenta um efluente com carga de sólidos elevado quando comparado aos sistemas convencionais. Porém, na análise de dados obtidos vemos que há variações deste teor. Os períodos de MAI/JUN e SET/OUT apresentaram os melhores valores. Isto pode ser explicado se atentarmos para a carga orgânica volumétrica que no primeiro período foi extremamente baixa e portanto, embora baixa eficiência, apresentou melhores resultados em termos de sólidos. O segundo período citado foi aquele que melhor qualidade apresentou, em termos de carga de substâncias biodegradáveis. Na observação dos demais períodos vemos que, na mesma ordem sequencial de eficiência ocorreram também as variações do teor de sólidos do efluente. A luz destes fatos, podemos afirmar que, de modo geral, a melhor qualidade do efluente dá-se concomitantemente com a melhor eficiência do reator. A segunda etapa inicia no bimestre de FEV/MAR, após normalização da operação do reator. Janeiro não foi incluído por apresentar valores muito discrepantes dos meses subjacentes. Nestes dados faltam alguns valores de oxigênio dissolvido devido a danos no aparelho medidor. Esta fase de atividades apresentou um sequencial e sensível aumento de eficiência da remoção de carga biodegradável não se repetindo porém, a mesma evolução com os valores de taxa F/M. Se verificarmos as variáveis que afetam este parâmetro veremos que para o primeiro bimestre houve uma sensível queda de C.O.V. com a manutenção da

C.A.B. porém, como citado anteriormente, esta etapa guarda correlações diversas da etapa anterior, portanto obteve-se baixa eficiência. O segundo bimestre e mês de junho apresentam valores bastante próximos, onde acreditamos que possa estar o melhor equilíbrio até o momento.

Com referência a qualidade do efluente podemos ver nos dados abaixo a relação das variáveis mais importantes:

| Período | Eficiência de remoção de DBO ₅ , % | Carga orgânica volumétrica na saída do reator kg DBO ₅ /1000 m ³ /dia | Sólidos suspensos no efluente mg/l |
|---------|---|---|------------------------------------|
| FEV/MAR | 83 | 169,8 | 269 |
| ABR/MAI | 89 | 136,2 | 217 |
| JUN | 90 | 137,1 | 160 |

Por estes dados podemos inferir que, para melhores eficiências no reator, embora ocorrendo pequenas variações de C.O.V., obtém-se melhor qualidade do efluente, ou seja, baixa carga de DBO₅ e sólidos no efluente. Embora a proximidade de cargas de DBO₅ à saída do reator os teores de sólidos apresentam-se bem distintos de onde podemos inferir as mesmas conclusões anteriores.

Se observarmos todos os valores constantes no Quadro I, independentemente da etapa ou período, verificaremos que em nenhum momento os parâmetros relacionados à capacidade hidráulica ou seja, tempos de retenções e vazão do influente, aproximaram aos valores estimados em projeto. Esta situação traz uma condição de muita segurança pois previne ocorrências de danos em equipamentos, possibilitando a operação ininterrupta. Ao analisarmos os parâmetros taxa F/M e C.O.V. veremos uma discrepância enorme de valores normais de operação com aqueles projetados. Estimou-se uma carga de matéria biodegradável extremamente elevada, maior que o dobro da maior carga praticada, o que em consequência fez com que a taxa F/M projetada se afastasse tanto do valor normal de operação. Estas diferenças hávidas foram fatores bastante agravantes em termos operacionais para atingimento do objetivo fixado qual seja, atingimento da eficiência de 90%. Pela necessidade de operar o sistema tratando melhor possível o efluente, sem tempo e condições para, em testes, achar a melhor condição de operação houve a contingência de achá-la em operação normal. Alie-se a estas dificuldades a singularidade deste sistema de tratamento de efluentes e a falta de experiência de operadores, mesmo em sistemas convencionais.

QUADRO I - Acompanhamento de parâmetros principais de controle do sistema biológico a partir do "start-up" da planta

| PARÂMETROS | VALORES DO PROJETO | MAR/ABR | MAI/JUN | JUL/AGO | SET/OUT | NOV/DEZ | FEV/MAR | ABR/MAI | JUL |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Vazão do influente m ³ /dia | 54240 | 20638 | 25543 | 24603 | 26365 | 21730 | 19591 | 25085 | 23008 |
| Vazão do lodo reciclado m ³ /dia | 21696 | 18166 | 23119 | 26103 | 26061 | 27279 | 22416 | 29781 | 22686 |
| Tempo de retenção do influente no reator h | 2,8 | 7,3 | 5,9 | 6,1 | 5,8 | 7,0 | 7,7 | 6,0 | 6,7 |
| Tempo de retenção do influente + lodo reciclado h | 2,0 | 3,9 | 3,1 | 3,0 | 2,9 | 3,1 | 3,6 | 2,8 | 3,3 |
| Taxa de lodo reciclado/influente % | 40 | 88 | 91 | 106 | 99 | 126 | 114 | 119 | 99 |
| DBO ₅ removido através do sistema % | 90 | 62 | 86 | 90 | 89 | 83 | 83 | 89 | 90 |
| Sólidos suspensos mg/l | 5500 | 1449 | 4720 | 7198 | 5506 | 5088 | 5210 | 4685 | 5752 |
| Sólidos suspensos voláteis no reator mg/l | 4800 | 737 | 3043 | 4662 | 4030 | 3918 | 3963 | 3615 | 4639 |
| Carga absoluta de bio massa sob aeração ton SSV | 30,2 | 4,6 | 19,2 | 29,4 | 25,4 | 24,7 | 25,0 | 22,8 | 29,2 |
| Oxigênio dissolvido a saída do reator mg/l | 5,0 | 8,7 | 5,4 | 8,8 | 7,9 | 6,6 | - | 5,3 | 5,2 |
| Taxa F/M kg DBO ₅ /kg SSV/dia | 0,65 | 0,76 | 0,43 | 0,28 | 0,28 | 0,32 | 0,25 | 0,34 | 0,30 |
| Carga orgânica volumétrica do reator kg DBO ₅ /1000 m ³ /dia | 3130 | 556 | 1325 | 1287 | 1133 | 1256 | 999 | 1238 | 1371 |
| Conc. de sólidos suspensos no reciclo de lodos % | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 1,5 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 1,4 |
| Tempo de retenção nos dec. secundários h | 6,3 | 16,6 | 13,4 | 13,9 | 13,0 | 15,7 | 17,5 | 13,6 | 14,9 |
| Sólidos suspensos no transbordo dos dec. sec. mg/l | - | 234 | 167 | 219 | 175 | 335 | 269 | 217 | 160 |

QUADRO II - Faixas de eficiências de redução de cargas biodegradáveis discriminadas por períodos

| Parâmetros de controle | Períodos | | | |
|--|----------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Vazão do influente m^3/dia | 21000 | 19591 | 26315 | 23432 |
| Vazão do lodo reciclado m^3/dia | 22397 | 22416 | 33655 | 24296 |
| Tempo de retenção do influente no reator biológico h | 7,2 | 7,7 | 5,7 | 6,5 |
| Tempo de retenção do influente e lodo reciclado h | 3,5 | 3,6 | 2,5 | 3,2 |
| Taxa de lodo reciclado influente % | 107 | 114 | 128 | 104 |
| DBO ₅ removida através do sistema % | 81 | 83 | 88 | 90 |
| Sólidos suspensos totais no reator mg/ℓ | 4704 | 5210 | 3922 | 5600 |
| Sólidos suspensos voláteis no reator mg/ℓ | 3658 | 3963 | 2882 | 4493 |
| Carga absoluta de biomassa mantida sob aeração (C.A.B.) ton SSV | 23,0 | 25,0 | 18,2 | 28,3 |
| Carga orgânica volumétrica no reator (C.O.V.) $kg\text{DBO}_5/1000\ m^3/\text{dia}$ | 1008 | 999 | 974 | 1436 |
| Taxa F/M $kg\text{DBO}_5/kg\ ssv/\text{dia}$ | 0,28 | 0,25 | 0,34 | 0,32 |
| Concentração de sólidos suspensos no reciclo de lodo % | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 1,4 |
| Tempo de retenção nos decantadores secundários h | 16,3 | 17,5 | 13,0 | 14,6 |
| Sólidos suspensos no transbordo dos decantadores secundários mg/ℓ | 261 | 269 | 218 | 188 |

segunda fase, os períodos 3 e 4 apresentam, comparativamente aos períodos 1 e 2, valores elevados de redução de DBO_5 . Observa-se porém, que aparentemente estes pontos são bem distintos em termos de cargas mas, ao atentarmos para a taxa F/M vemos uma certa similaridade ou seja, o período 4 apresenta carga orgânica volumétrica e absoluta de biomassa mais elevada porém, na mesma proporção que os valores apresentados no período 3. Este aumento de carga deve-se fundamentalmente ao aumento de carga biodegradável (ver carga orgânica volumétrica), vazão e sólidos suspensos do lodo reciclado. Se atentarmos para os valores de eficiência, veremos que apesar da similaridade e proporcionalidade de alguns parâmetros, o período 4 apresenta índice maior que o 3. Este fato pode ser explicado se admitirmos que, para cargas maiores, em tratamentos similares, pode-se mais facilmente atingir altos percentuais de eficiência de redução de cargas biodegradáveis.

Através destes dados e comentários podemos concluir que a taxa F/M na faixa de 0,30 a 0,34 apresenta maior eficiência de redução de DBO_5 . Portanto, dependendo da carga orgânica volumétrica que adentra o reator de vemos prover, através do reciclo de lodo, a carga absoluta de biomassa necessária para que tenhamos uma taxa F/M na faixa de 0,30 a 0,34 conforme o Quadro I e II demonstra, embora de maneiras diversas, que até o momento tem demonstrado ser o ponto de equilíbrio com maior eficiência. Um fato que contribui grandemente para aumento de eficiência é o acréscimo de carga biodegradável ao reator. Este fato porém, não diz muito sobre a qualidade do efluente final.

2.3. Discussão de parâmetros de controle dos decantadores secundários

As características e qualidade do efluente tratado, após decantadores secundários, estão diretamente relacionadas às características dos flocos formados no reator UNOX. As propriedades destes flocos irão determinar se haverá sedimentação ou não, qual a velocidade de sedimentação e compactação dos flocos após sedimentação. Quando o tratamento de efluente limita-se ao tratamento secundário sem mesmo uma lagoa de polimento após este, é extremamente importante atentarmos para estas propriedades e procurarmos torná-las compatíveis com as nossas necessidades. Estas características em geral podem ser melhoradas observando cuidadosamente o equilíbrio mantido no reator UNOX (F/M). Este dado torna-se evidente ao verificarmos que, para mais altos graus de redução da carga biodegradável, redução a níveis similares, menores são os resíduos de sólidos suspensos no transbordo dos decantadores secundários (ver Quadros I e II). Ao compararmos o efluente gerado no sistema UNOX com sistemas convencionais devemos levar em conta que, por este ser um sistema compacto com um tempo de residência extremamente baixo (ver Quadro I) requer rigorosa homogeneização, através de agitação o que, conseqüentemente contribui para a formação e "quebra" de flocos. Associa-se a este fato as características intrínsecas dos flocos cuja formação se dá através do chamado "PIN POINT FLOC", cuja característica principal é a formação individualizada de flocos em tamanhos e densidades variadas, porém, generalizadamente pequenos. Em conseqüência, veremos que o efluente final, após tratamento biológico, apresenta maior teor de sólidos que os tratamentos convencionais. Os dados de qualidade do efluente e operação do reator biológico encontram-se nos gráficos III e IV para melhor visualização das variações ocorridas.

2.1. Variáveis operacionais de controle do reator

Neste item apresentamos e discutimos somente os dados referentes aos parâmetros de controle do reator UNOX. Valores que dizem respeito a qualidade do efluente final bem como controle da qualidade do efluente nos de cantadores secundários serão objeto do item subsequente.

Dada a finalidade precípua do reator, todas as variáveis serão analisadas levando por consideração variações de eficiência na redução da carga biodegradável (ΔDBO_5).

Com vistas a operação do sistema, consideramos que as variáveis operacionais passíveis de afetar o grau de eficiência do reator seriam fundamentalmente:

- Carga de matéria biodegradável do influente.
- Nutrientes (nitrogênio e fósforo) para o desenvolvimento da cultura microbiológica.
- Suprimento de oxigênio para a cultura microbiológica.
- Reciclo de lodo ao reator.

Se considerarmos que o primeiro item é característico ao processo fabril, portanto, mantida sua regularidade não afeta a eficiência do reator. O segundo e terceiro itens constituem uma simples ação de rotina desde que mantidas as premissas anteriores ou seja, regularidade do influente. O quarto item é portanto, em termos operacionais, a variável que dirá da qualidade do efluente final.

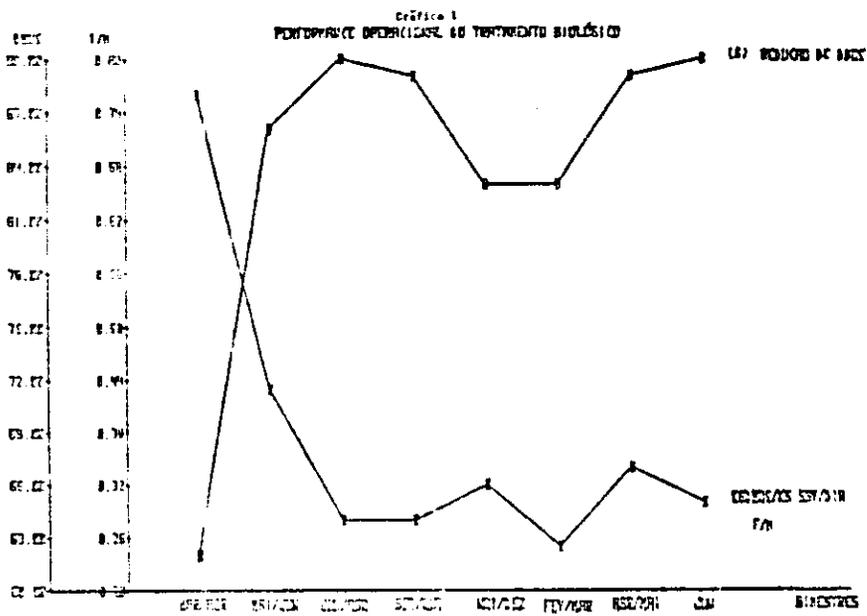
Para um perfeito domínio desta variável é necessário que tenhamos presente as relações que determinam os parâmetros de controle da qualidade do efluente final e influente. No Quadro II vemos relatados os principais parâmetros de controle com os valores respectivos de quatro períodos. Para melhor relacionarmos as variáveis de controle com eficiência de abatimento de DBO_5 , agrupou-se em quatro períodos os valores de graus de eficiência similares ou muito próximos. Seguiu-se o seguinte critério:

| Período | Faixas de eficiência em redução de DBO_5 |
|---------|---|
| 1 | < 82 |
| 2 | 82 - 87 |
| 3 | < 87 - 89 |
| 4 | > 89 |

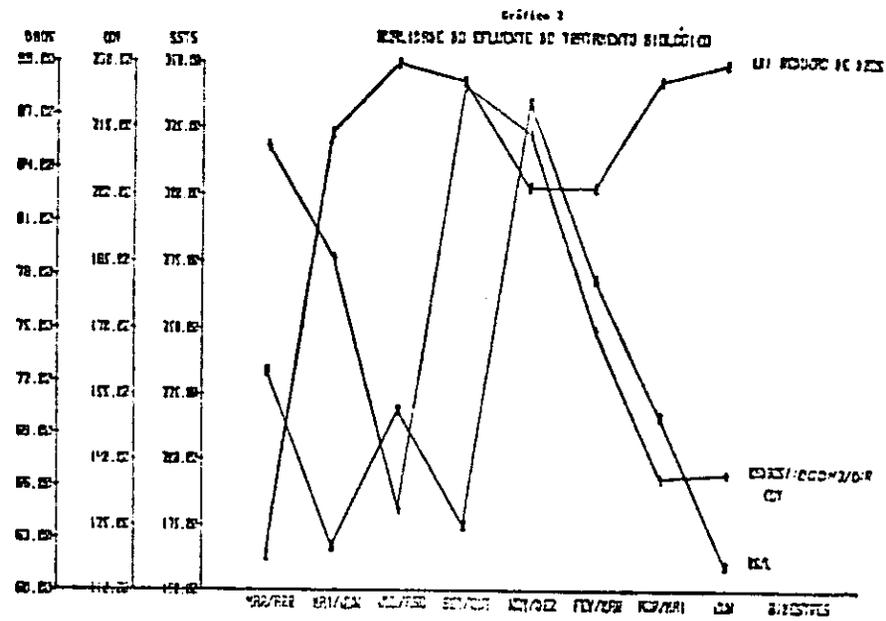
Para a elaboração destes dados pesquisou-se o período de janeiro a junho de 1984, visto que, em períodos anteriores o reator apresentou problemas sérios de ordem mecânica que poderiam eventualmente distorcer algumas afirmações provindas da interrelação de parâmetros quando considerado dois períodos distintos.

2.2. Discussão dos parâmetros de controle no reator UNOX

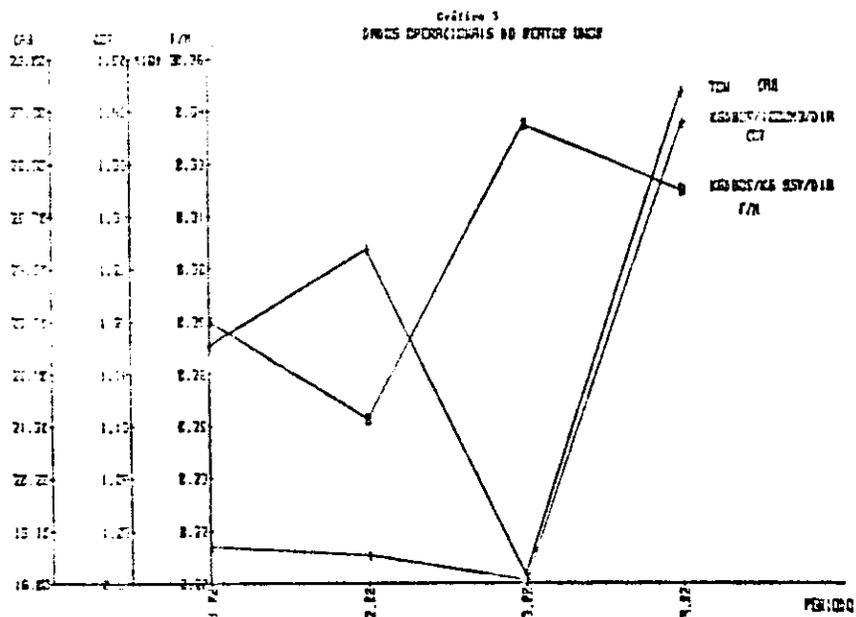
Nos dados apresentados no Quadro II observa-se claramente aumentos sensíveis do grau de redução de substâncias biodegradáveis. A variável taxa F/M apresenta distintamente duas fases. A primeira, constituída pelos períodos 1 e 2, caracteriza-se por apresentar baixas eficiências em remoção de substâncias biodegradáveis porém, do ponto 1 para 2, na ordem crescente de eficiência, observa-se aumento da carga absoluta de biomassa no reator, o que representa um aumento da quantidade de microorganismos para valores similares de carga orgânica volumétrica, ou seja, do período 1 para 2 temos, para a mesma carga biodegradável, uma maior quantidade de biomassa. Este fato é consequência dos valores apresentados no Quadro II sob a forma de vazão de lodo reciclado e sólidos suspensos no reciclo do lodo. Na



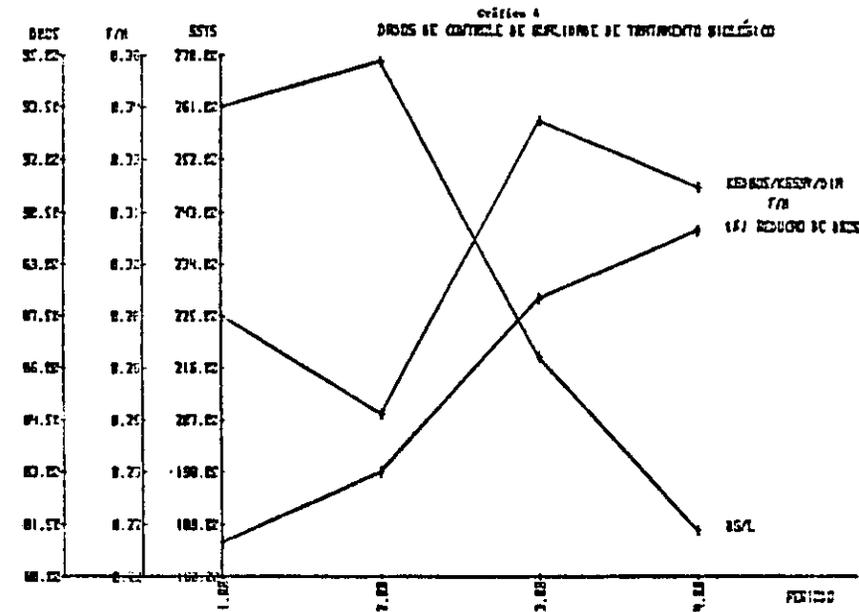
F/M - Substrato/total de microrganismos
 DBO5 - Demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias



DBO5 - Demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias
 ESTS - Sólidos suspensos no transbordamento dos decantadores secundários
 COT - Carga orgânica volumétrica na saída do sistema biológico



F/M - Substrato/total de microrganismos
 COT - Carga absoluta de biomassa
 COTV - Carga orgânica volumétrica de afluente



F/M - Substrato/total de microrganismos
 DBO5 - Demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias
 ESTS - Sólidos suspensos no transbordamento dos decantadores secundários

3. Aspectos microbiológicos do lodo

Três causas gerais são especialmente responsáveis por um bom ou mau funcionamento de um sistema de lodos ativados:

- a. A qualidade técnica da planta e a carga orgânica a ela aplicada.
- b. A composição do despejo líquido a ser tratado.
- c. O tipo de funcionamento e de manutenção da planta por parte dos operadores.

Frequentemente o próprio lodo ativado, através de sua observação microscópica possibilita perceber em que medida cada uma das causas citadas é responsável.

O lodo é constituído por uma comunidade de diferentes organismos. As bactérias das mais variadas formas e espécies são as mais abundantes. Estas em geral estão associadas em flocos de aspecto granular e gelatinoso que possuem coloração que vai do cinza ao marrom. Estes flocos, que na verdade são "comunidades" bacterianas, são em geral agregadas por dois mecanismos básicos:

- a. união entre si através de exopolímeros (mucopolissacarídeos)
- b. união de exopolímeros a bactérias filamentosas que servem de matriz para aumento de tamanho do floco.

A citação destes dois fatores fundamentais implica também que haja um equilíbrio satisfatório entre os fatores para a produção de bons flocos, visto serem estes os veículos fundamentais de separação da matéria orgânica absorvida do resíduo líquido, transformada e posteriormente separada do líquido depurado nos decantadores secundários.

Além dos flocos constituídos de bactérias e matéria orgânica (que pode ser adsorvida sobre eles), existe toda uma sucessão ecológica de organismos. Nesta sucessão ecológica aparecem organismos diversos, tais como ciliados, flagelados, amebas, algas, vermes e pequenos crustáceos. É importante citar que todos têm papel definido ou certa afinidade específica pelo ecossistema artificial como o é um reator de lodo ativado, sendo que nem sempre são conhecidas as interrelações e afinidades que determinam o seu aparecimento ou desaparecimento, ditos ciclos sucessórios ecológicos. Por exemplo, ao se operar um reator sob condições variáveis de carga ou qualidade do influente, estas sucessões modificam-se de maneira complexa, mas na verdade sabe-se que ocorrem processos de eliminação e competição entre os organismos depuradores e que grande parte disto é devido ao que se alimenta o reator e como se dirige o seu funcionamento. Com base em simples conceitos ecológicos e entendimento de que boa parte do comportamento do mundo biológico presente no reator pode ser devido ao que o homem faz, pode-se, portanto, associar manobras e cargas a serem depuradas com os reflexos facilmente identificáveis nos microorganismos presentes no sistema.

O lodo ativado presente no reator UNOX da RIOCELL é um lodo que nos seus aspectos gerais difere de lodos ativados de sistemas convencionais.

No aspecto formação de flocos, os flocos formados no reator UNOX são menores, visto provavelmente a intensa agitação promovida dentro do aparelho. Isto em geral gera fenômenos mais frequentes do chamado "pin point floc"-floco pequeno e leve, que escapa junto com o efluente do decantador secundário, aumentando o teor de sólidos suspensos. No caso RIOCELL, que possui tratamento terciário, isto não é fator de preocupação, pois estes flocos leves são abatidos pelo sulfato de alumínio utilizado na clarifloculação. Em contrapartida, os reatores tipo UNOX, cuja insu-

flação é com oxigênio de alta pureza geram flocos melhor oxigenados o que aumenta sensivelmente a eficiência do sistema usando reduzido espaço físico. Apesar da desvantagem do tamanho de flocos citada, a economia de espaço e rendimento excelente propiciado superam amplamente a desvantagem. Curiosamente o lodo da RIOCELL apresenta pouquíssima filamentação nos flocos, sendo que isto, associado à agitação, podem ser as maiores causas de formação de flocos pequenos, não se sabendo ainda o quanto é devido a operação e carga do processo e o quanto é devido a natureza intrínseca de reatores insuflados com oxigênio puro em alta turbulência.

Os protozoários, em especial os ciliados, são de grande valor na avaliação do lodo, desde que o operador trabalhe no princípio de sucessões de populações associadas com o aumento da eficiência do processo, e não baseado na presença ou ausência de determinados organismos.

Em geral, no início da formação do lodo ativado encontrou-se uma população onde predominam flagelados e rizópodes (amebas). Este foi o caso do reator ora em estudo. A medida que a eficiência do lodo vai aumentando, passam a dominar os chamados ciliados livres, seguidos pelos ciliados pedunculados, especialmente do gênero *Vorticella*, associados a rotíferos e nematóides. No tocante ao gênero *Vorticella* já foram identificadas várias espécies em ocasiões variadas, tais como *V. convalaria*, *V. striata*, *V. aequilata* e *V. campanula*, ocorrendo isoladas ou em mesma ocasião, sem que se pudesse ainda correlacionar o significado com a operação da planta. *Opercularia* e *Epistylis* aparecem também frequentemente. Dentre os ciliados livres, é comum o aparecimento de *Aspidisca costata*, *A. linceus* e *Litonotus*. Temos ainda aparecimentos súbitos de *Chaetonotus*. Dentre os rotíferos temos aparecimento de *Philodina*, *Cephalodella* e *Rotaria*. Como a nelídeo frequente aparece o gênero *Aelosoma*. É importante citar que todos os gêneros citados são sinônimos de boas eficiências de depuração na planta da RIOCELL. Em algumas ocasiões ocorrem colapsos do reator, (choques de carga, p.ex.) onde os organismos praticamente desaparecem ou encistam-se. Fenômeno este que em geral se traduz em pior formação de flocos. Como exemplo típico de período de péssima operação temos o período quente do verão de 1984 (JAN/FEV) devido à elevação de temperatura dentro do reator (~40°C), pela ineficiência dos trocadores de calor para arrefecimento de temperatura do influente ao reator, que na época possuíam intensa incrustação biológica, baixando sua eficiência. Nesta época, observávamos um lodo formado por pequenos flocos, grande perda dos mesmos via transbordo do decantador secundário e os organismos vistos ao microscópio eram basicamente cistos de protozoários e intensa proliferação de pequenos flagelados. A eficiência do processo no período, citado foi bastante prejudicada sendo que o fenômeno era tão notável que o efluente, mesmo nas suas características após tratamento terciário, apresentava reflexos de má operação do tratamento secundário devido ao aumento de temperatura.

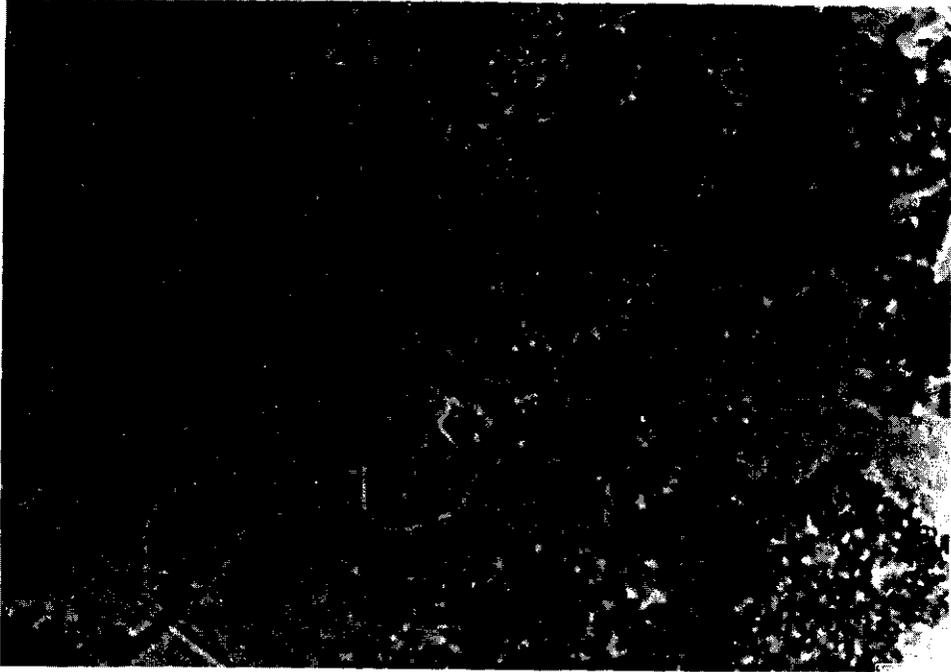
Fotos

1. Nome: *Amoeba sp*

Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB, objetiva PLAN 40 x 0,65

Aumento no filme 35 mm : 200x

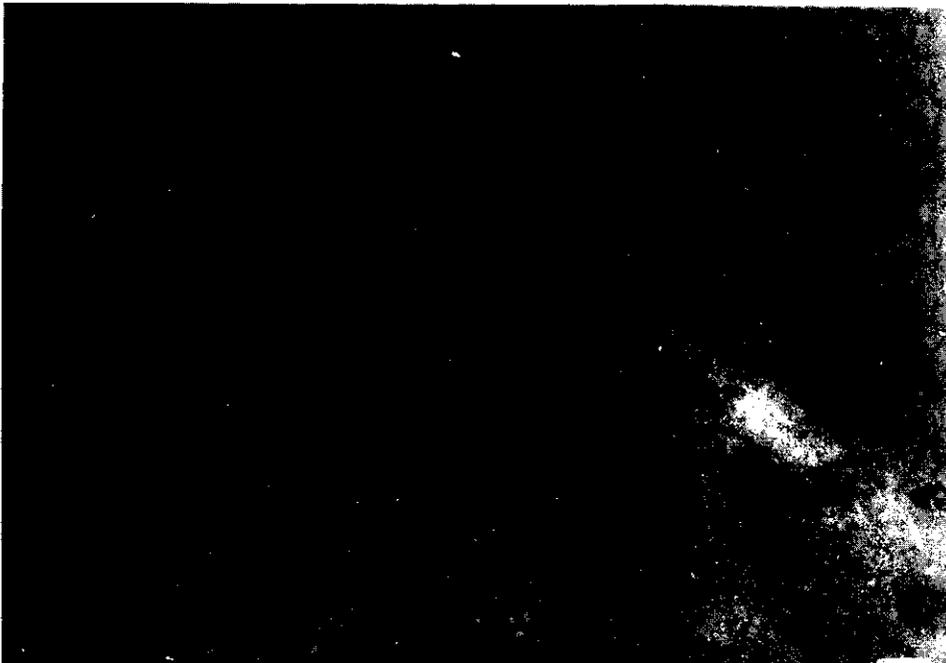
(Foto do lodo em formação)

2. Nome: *Monas sp*

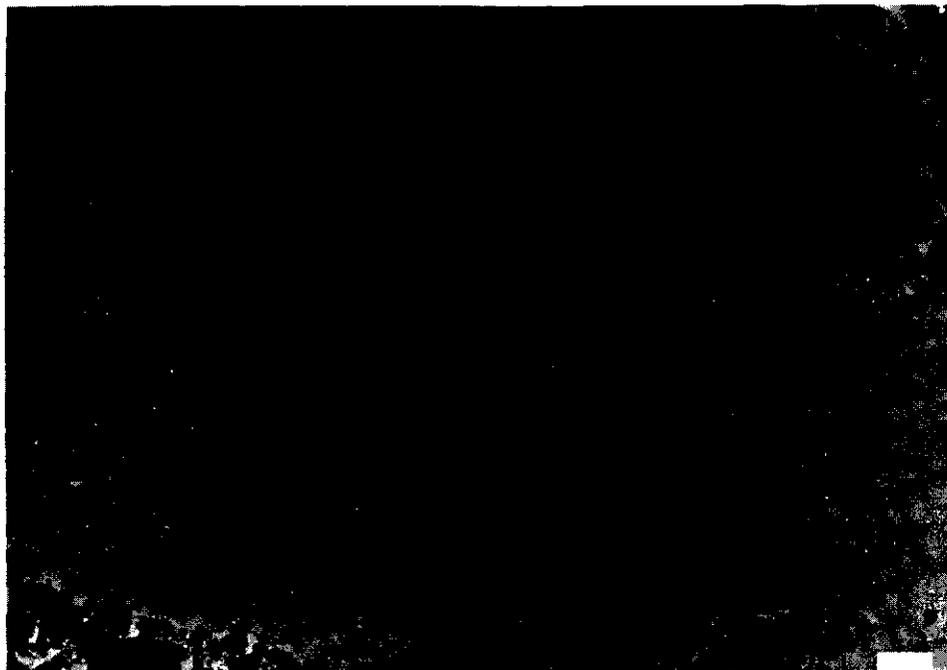
Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB, objetiva PLAN 40 x 0,65

Aumento no filme 35 mm : 200x

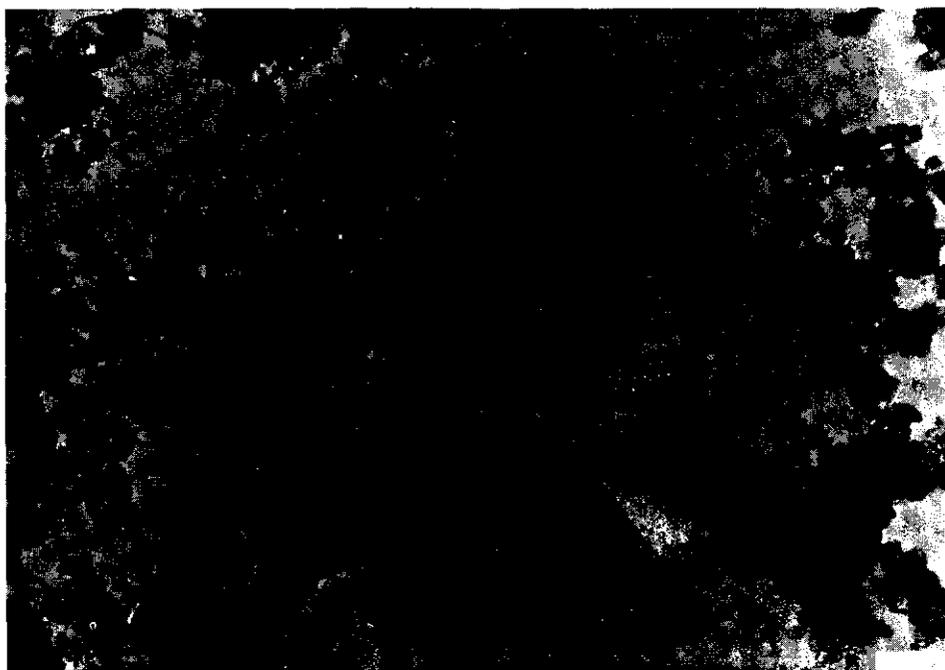
(Foto de lodo em más condições - vide tamanho de flocos e proliferação de flagelados)



3. Nome: Vista geral do lodo normal e alguns microorganismos característicos
Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB objetiva 10 x 0,25
Aumento no filme 35 mm : 50x
(Vista de rotíferos, *Vorticella sp*, *Chaetonotus sp* e flocos de lodo compactos)



4. Nome: *Epistylis sp*
Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB objetiva 10 x 0,25
Aumento no filme 35 mm : 50x

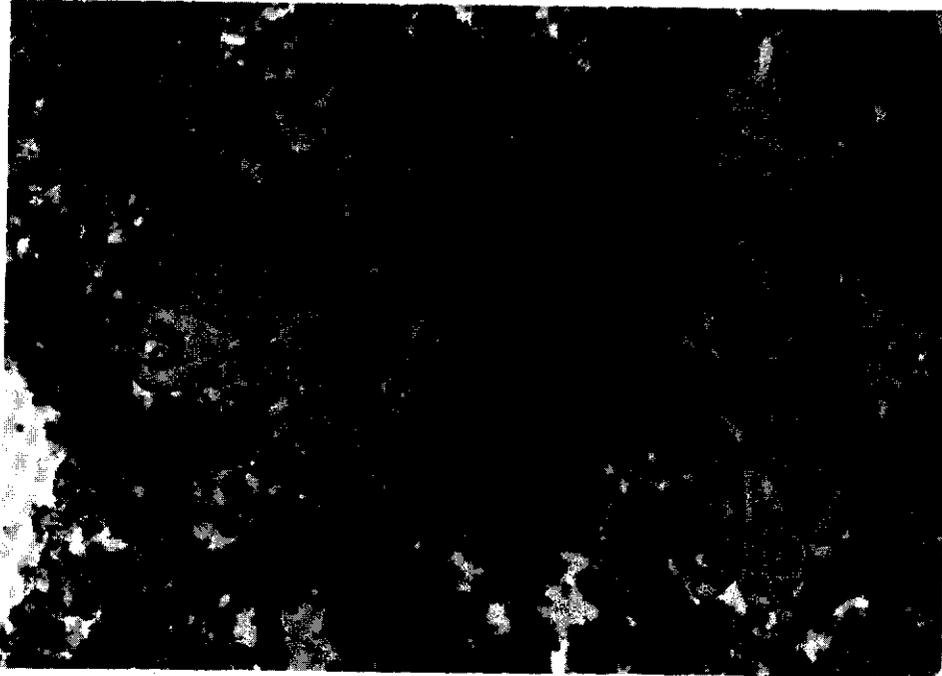


5. Nome: *Epistylis* sp

Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB, objetiva 10 x 0,25

Aumento no filme 35 mm : 50x

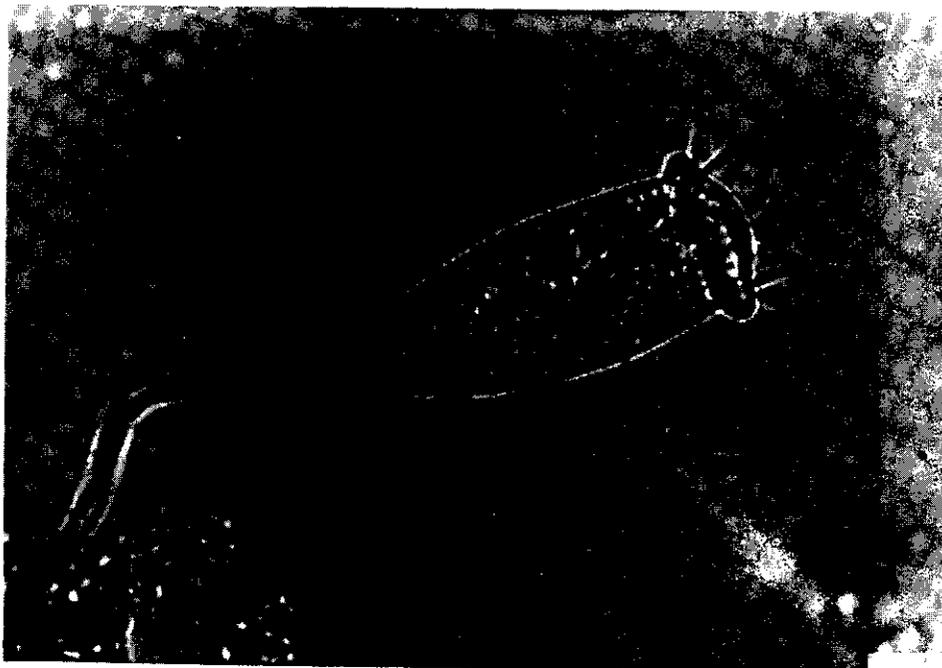
(Colônia típica dentro de aglomeração de flocos)

6. Nome: *Vorticella* sp

Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB, objetiva PLAN 40 x 0,65

Aumento no filme 35 mm : 200x

(Vista típica de ciliado fixo a floco de lodo)



7. Nome: *Chaetomonas* sp

Fotomicrografia em campo claro, microscópio Olympus BHB objetiva PLAN 40 x 0,65

Aumento no filme 35 mm : 200x



Alguns cuidados a serem observados

A falta de um controle mais rigoroso no reator poderá gerar "lodos velhos" onde o tratamento apresenta baixa eficiência de redução de carga biodegradável, os flocos formados apresentam boa sedimentação e compactação, podendo por vezes ocorrer desagregação por defloculação. O efluente no transbordo do decantador apresenta maior teor de matéria biodegradável devido a perdas de biomassa. Este fato poderá ocorrer quando houver um desequilíbrio de cargas propiciando um excessivo e contínuo reciclo de lodo.

O lodo poderá formar flocos pouco densos que no decantador secundário não venham a compactar, provocando movimentos de convecção de flocos ou seja, a sedimentação de alguns flocos provoca a flotação de outros. Este fato pode ser provocado pela baixa ou elevada taxa de reciclo de lodo ativado. Para o primeiro caso teremos como consequência uma baixa taxa F/M. Nesta situação, o nível de energia dos microorganismos é elevado, as bactérias têm seu metabolismo intensificado e suas atividades locomotoras impedem a floculação. Para o segundo caso, onde a biomassa está presente em excesso em relação a carga orgânica, ocorre o fenômeno da fase endógena onde a demanda de matéria é maior do que a existente no meio ocorrendo então a metabolização de seus próprios protoplasmas. Nesta fase poderá haver a própria liberação de biomassa pelo transbordo do decantador secundário.

O fato mais drástico que pode ocorrer é a formação de "bulking" ou seja, o intumescimento do lodo com conseqüente flotação. O mais comum é ocorrer "bulking" devido ao desenvolvimento de organismos filamentosos que formam um enovelamento impedindo a sedimentação do lodo.

4. Conclusão

- Para a boa operação do sistema de tratamento biológico é desejável que haja constância de cargas que adentrem o reator.

- Visto a sensibilidade do sistema biológico é necessário o constante acompanhamento dos parâmetros de controle tais como; reciclo de lodo, oxigênio dissolvido no meio líquido e nutrientes.

- Deverá haver um apoio constante de laboratório especializado que forneça dados confiáveis à operação do sistema.

- O controle da unidade de tratamento é dada em função da taxa F/M. Dentre os valores de trabalho até o momento, a faixa de 0,30 a 0,34 demonstrou maior eficiência.