

TRATAMENTO ANAERÓBICO DE EFLUENTES
UM CASO BEM SUCEDIDO NA PIRASSUNUNGA S.A.

José Luiz Papa (*) e Manuel Alberto Jerez Orozco ()**

* Engenheiro Químico , Diretor da Acqua Engenharia e Consultoria Ltda. - Pirassununga - SP - Brasil

** Biólogo, Pirassununga S.A. Indústria Comércio de Papel e Papelão - Pirassununga - SP - Brasil

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo relatar a experiência obtida na área de tratamento de efluentes de uma indústria de papel, com base em dados e resultados analíticos obtidos em escala real, durante três anos de operação de um Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente com Manto de Lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB Reactor). A indústria processa aparas (60%) e bagaço de cana (40%) como matéria prima, produzindo em torno de 30 ton/d de papel tipo embalagem e microondulado. Foram obtidas eficiências de remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) de até 81% apenas no Reator Anaeróbico, e de 88% em todo o sistema de tratamento, o que equivale a eficiências de remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 96%. A Taxa Volumétrica (Carga Orgânica aplicada em relação ao volume do Reator, expressa em kg DQO/d.m³) variou entre 0,7 (nos primeiros meses de operação) a 10,4 (em alguns picos atuais), situando-se em média ao redor de 5,5 kg DQO/d.m³ entre 1992 e 1993. Com base nos resultados deste estudo pode-se estabelecer como recomendação para projeto valores entre 5,0 e 7,5 kg DQO/d.m³, para o tipo de efluente em questão. Outros fatores importantes foram verificados, tais como a presença de sulfatos no efluente, controle de pH, tipos de agentes acidificantes do efluente bruto, operação do tratamento primário, adição de nutrientes, e o controle da operação do Reator Anaeróbico com base nos critérios de eficiência de remoção de DQO contra a relação de AGV (ácidos graxos voláteis) e Alcalinidade Total. Recomenda-se que esta relação situe-se abaixo de 0,2.

I - Introdução

Em 1986 a Pirassununga S.A., comprometeu-se junto às autoridades ambientais a implantar um sistema de tratamento de seus efluentes industriais. A primeira alternativa avaliada envolvia a tecnologia de Lagoa Aerada, a qual foi descartada pelos seguintes motivos:

- Elevada potência consumida para aeração (240 HP);
- Terreno rochoso e com elevado nível de lençol freático, o que exigiria obras civis de terraplenagem bastante caras.

Descartada a primeira hipótese, procurou-se avaliar outras alternativas; a tecnologia de Lodos Ativados foi igualmente descartada, devido também à elevada potência, alto custo de construção civil e grande quantidade de lodo em excesso.

Foi então admitida a possibilidade de utilização de um reator anaeróbico, o que esbarrava , na época, na falta de referências desta tecnologia em indústrias similares no Brasil. Sem dúvida, podemos afirmar que mesmo a nível internacional não seria encontrada referência similar, principalmente devido ao uso do bagaço de cana como matéria prima e principal fonte de carga orgânica do efluente.

Mesmo considerando-se que o efluente bruto reunia os principais requisitos para ser tratado anaerobicamente (elevada concentração de carga orgânica, compostos orgânicos teoricamente facilmente biodegradáveis, vazão e carga praticamente constantes, ausência de compostos tóxicos), o primeiro passo foi solicitar às autoridades ambientais o prazo necessário para a implantação de uma planta piloto, a qual pudesse confirmar a viabilidade da utilização desta tecnologia, e determinar os parâmetros adequados de projeto. Este prazo foi negado, e exigida a implantação imediata do sistema de tratamento.

Desta forma, o projeto foi elaborado de acordo com dados e informações de literatura e experiência prática com outros tipos de efluentes, e, sem dúvida, com uma grande torcida para que a coisa funcionasse (era só o que restava sem a planta piloto...).

II - Características dos Efluentes

Os efluentes brutos da Pirassununga S.A. são os seguintes:

a - Efluente " Bagaço":

São os despejos oriundos do setor de preparação do bagaço, onde esta matéria prima é cozida em "cozinhadores" esféricos, com cal e vapor. Caracterizam-se por elevado pH e carga orgânica, apresentando, em média os seguintes parâmetros (dados históricos):

Vazão 32 m³/h

DQO 4.800 mg/l

DBO 1.900 mg/l

pH 9,5 - 11,5

RS 60 ml/l

b - Efluentes " Aparas ":

Congregam as águas residuais do processamento de aparas e das máquinas de papel, com as seguintes características (dados históricos):

Vazão 75 m³/h

DQO 1.700 mg/l

DBO 840 m/l

pH 8,3 - 9,5

RS 130 ml/l

c - Efluente Geral:

A mistura dos efluentes, após ajuste de pH com CO₂ (Entrada do Decantador - ED) apresenta atualmente as seguintes características :

Vazão Máxima 107 m³/h

Média 80 m³/h

DQO 3.200 mg/l

DBO 1.260 mg/l

pH 8,5

RS 100 ml/l

Como na Grande maioria das indústrias de papel e celulose, os despejos apresentam teores desprezíveis de nutrientes.

Devido ao processo industrial da Pirassununga S.A., o teor de Enxofre e de Sulfatos nos efluentes é baixo, não influenciando no processo anaeróbico.

III - Descrição do Sistema de Tratamento

O Sistema de Tratamento de Efluentes da Pirassununga S.A. foi implantado a partir de 1986/1987, e é composto dos seguintes itens:

- Caixas de Areia e Medidores de Vazão tipo Parshall, individuais para cada despejo (área de preparação de bagaço e despejos da preparação de aparas e máquina de papel);
- Peneira inclinada tipo "Side-Hill", para os despejos "Aparas";
- Recirculação parcial (30 - 40%) dos despejos "Aparas ";
- Reunião dos despejos "Aparas" + "Bagaço", à entrada do Tanque de Ajuste de pH;
- Ajuste de pH, por meio de dosagem automático de CO₂;
- Decantação Primária, em decantador retangular dotado de 6 poços de coleta de lodo, tronco-piramidais invertidos e de extração automática (temporizada) do lodo; o decantador opera a uma taxa de aplicação superficial média de 1,1 m³/h.m², com excelentes resultados;
- Tanque de alimentação do Biodigestor, dotado de agitador mecânico, para mistura dos nutrientes;
- Biodigestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente;

Além do circuito principal acima mencionado, o sistema de tratamento é completado por:

- um Tanque de Estocagem de Nutrientes (a Pirassununga S.A. utiliza composto líquido já formulado com a composição adequada);
- tanque de coleta de lodo primário;
- desaguamento do lodo primário em prensa contínua a vácuo (fabricação própria);

IV - Características do Reator Anaeróbico

O reator anaeróbico da Pirassununga S.A. foi projetado para as seguintes condições, considerando-se remoções de DQO (34%) e DBO (48%) verificadas no decantador primário:

Vazão 107 m³/h

DQO 2.120 mg/l

DBO 650 m/l

Carga Orgânica 5.440 kg DQO/d

Carga Orgânica

de Projeto 6.000 kg DQO/d

Conforme descrito acima, não foi possível o estabelecimento de um valor de Taxa Volumétrica (kg DQO/d.m³) por meio de planta piloto. Desta forma, foi adotado o valor de 8,6 kg DQO/d.m³, relativa a carga orgânica de projeto. Assim, o volume resultante do Biodigestor foi definido em 722 m³.

O reator foi projetado em duas células independentes, para flexibilidade de manutenção e operação, com as seguintes dimensões:

Cada Célula:

Comprimento x Largura 8,5 x 8,5 m

Altura Útil 5,0 m

Altura Total 5,3 m

Volume 361 m³

A concepção do biodigestor é a mais clássica versão do reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), onde os seguintes conceitos básicos foram obedecidos:

- O efluente bruto é uniformemente distribuído em todo o fundo do reator, esta distribuição é perfeitamente assegurada por uma canaleta dotada de régua com vertedores, com cada vértice abastecendo uma caixa de alimentação de um ponto de introdução do efluente;
- Estabelecimento de um fluxo laminar e uniforme de ascensão do efluente no reator;
- Implantação de um dispositivo adequado de separação gás/sólido/líquido, onde ocorre a efetiva separação do lodo anaeróbico, do biogás formado e do efluente tratado;
- O efluente tratado é também uniformemente coletado na superfície do biodigestor, por meio de canaletas dotadas de vertedores reguláveis; desta forma, assegurando-se a perfeita distribuição do efluente no fundo do reator e sua coleta igualmente distribuída na superfície. tem-se a certeza de que o fluxo ascensional através do reator é uniforme, sem caminhos preferenciais.

Não são apresentados no presente trabalho os critérios de dimensionamento dos itens acima, uma vez que o mesmo refere-se principalmente à apresentação da performance e viabilidade do processo; no entanto, as informações necessárias são disponíveis na literatura técnica especializada.

V - Resultados

A rotina operacional estabelecida e verificada nos últimos anos proporcionou dados suficientes para uma completa análise dos fatores que influem no processo, e verificação dos parâmetros de projeto.

Desde a fase de inoculação do reator, a aclimação dos microorganismos ao novo substrato, o aumento sucessivo da carga orgânica alimentada, até o estágio atual de operação em escala total, os seguintes pontos principais são relatados:

a - Inoculação do Reator

O reator foi inoculado com lodo granular de boa qualidade (aprox. 70 m³); primeiramente foi inoculada apenas uma das células, enquanto a outra finalizada sua construção e montagem dos internos. A inoculação da segunda célula foi realizada com lodo retirado da primeira.

b - Alimentação do Efluente

Durante a fase de "start-up", foi definida uma vazão inicial de alimentação do reator em 10% da vazão de projeto, prevendo-se aumentos gradativos sempre que:

- a remoção de DQO atingisse 80%, e
- a relação AGV/Alcalinidade Total estivesse abaixo de 0,25, e
- o pH do efluente tratado estivesse entre 7,2 e 7,6.

Nesta fase inicial, o efluente, tipicamente de caráter alcalino foi neutralizado com H₂SO₄, uma vez que a indústria tinha em seu estoque um volume elevado deste ácido, utilizado anteriormente para alguns testes de produção. Mesmo cientes dos efeitos adversos dos sulfatos ao processo anaeróbico, a expectativa era de que esta neutralização produzisse como precipitado o CaSO₄, que precipitar-se-ia no decantador primário, livrando o reator anaeróbico do recebimento dos íons sulfato. No entanto, observou-se que a alimentação do biodigestor continha elevadas concentrações de sulfatos (não detectadas analiticamente na época), uma vez que o rendimento no mesmo não era satisfatório, e que o biogás tinha intenso odor característico de H₂S. Suspeitava-se também que poderia estar ocorrendo algum tipo de pós-precipitação do CaSO₄ no interior do reator, o que seria extremamente prejudicial ao processo, tanto pelo acúmulo de lodo inerte no mesmo, quando pela aderência de camadas deste precipitado na superfície dos grânulos de biomassa anaeróbica. Posteriormente optou-se pela substituição definitiva do H₂SO₄ por CO₂, eliminando-se os problemas acima mencionados.

As vazões foram aumentando sucessivamente.

As seqüências de aumento de vazão foram por vezes interrompidas, para manutenção dos defletores dos separadores GLS (gás/líquido/sólidos). Quando esta manutenção era interrompida em uma das células, a célula que era mantida em operação recebida apenas a metade da vazão total, ou seja, apenas sua própria vazão, de modo a não comprometer o desenvolvimento do processo.

O biodigestor opera atualmente com 100% de vazão de efluente decantado.

c - Dosagem de Nutrientes

Nutrientes (N e P) foram sempre dosados de forma a serem mantidas as seguintes relações;

DQO/P < 350 e, DQO/N < 70

Inicialmente a dosagem foi realizada através de Uréia e Ácido Fosfórico, dosados diretamente no Tanque de Alimentação do Biodigestor. Posteriormente foi adotada a dosagem por meio de composto líquido balanceado, com proporção de N:P igual a 5:1.

d - Resultados Analíticos

A Pirassununga S.A. mantém um laboratório próprio para acompanhamento analítico da operação do Biodigestor, o qual vem realizando análises sistemáticas do processo. Notar que o laboratório da Pirassununga S.A. analisa a DQO (Demanda Química de Oxigênio) para controle da performance, não tendo os aparatos necessários para a realização de testes de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Na realidade, a tecnologia de Biodigestão Anaeróbica esta atualmente mais alicerçada nos parâmetros de DQO que DBO. Uma vez que a legislação estadual reporta-se ao parâmetro DBO, os únicos resultados incluindo o mesmo são aqueles

obtidos na fase de caracterização dos efluentes (1987/1988) e os contidos nos laudos de análises de rotina da CETESB. Destes últimos foi possível a verificação dos resultados entre Novembro de 1990 e Abril e 1993, apresentando a DBO do efluente tratado em média igual a 46 mg/l (à saída do reator). Pode-se também obter os seguintes valores médios da relação DQO/DBO:

Efluente Bruto (Entrada

do Decantador Primário) 3:1

Entrada do Biodigestor 2,3:1

Saída do Biodigestor 12,7:1

e - Resíduos Sedimentáveis

Um fator de relevância e polêmica em torno dos reatores anaeróbicos refere-se aos Resíduos Sedimentáveis no efluente tratado. No caso específico da Pirassununga S.A., pode-se observar que, em condições normais, os valores deste parâmetro encontram-se abaixo de 1,0 ml/l, que é o limite legal. Atualmente os valores encontram-se elevados, acima de 3,0 ml/l, porém foi claramente detectado que o problema de arraste de sólidos não é intrínseco ao reator, e sim ao arraste de sólidos no decantador primário. Não se trata igualmente de subdimensionamento do último, e sim, de problemas de baixa produtividade da prensa desidratadora de lodo. Uma vez que este equipamento não tem capacidade, atualmente, para desidratar todo o lodo retirado do decantador primário, ocorre um acúmulo de sólidos no mesmo, os quais são arrastados com o efluente primário. Desta forma, pôde ser observado claramente que o reator anaeróbico somente arrasta lodo quando a saída do decantador primário apresenta elevados índices de RS. A Pirassununga S.A., está providenciando melhorias no sistema de desaguamento de lodo, o que irá solucionar definitivamente este item.

f - Biomassa Anaeróbica

O lodo anaeróbico responsável pelo tratamento encontra-se em elevada concentração no manto de lodo, no fundo do reator. Tipicamente, este manto tem concentrações variando entre 60 - 80 g/l próximo ao fundo do reator, com picos de 90 a 120 g/l, e 25 - 45 g/l a 2,80 m de altura do fundo. Cerca de 50% dos sólidos são voláteis e 50% fixos. A granulação do lodo é excelente.

VI - Conclusões e Recomendações

O tratamento anaeróbico dos despejos deste tipo de indústria mostrou-se totalmente viável, tanto técnica quanto economicamente. Das observações realizadas neste reator em escala real, pode-se recomendar para futuros projetos dimensionamentos sob os valores de Taxas Volumétricas entre 5,0 e 7.5 kg DQO/m³. As considerações referentes à neutralização dos despejos com dois tipos de agentes acidificantes, e do arraste de lodo primário podem servir de exemplo de como o processo anaeróbico é afetado por fatores limitantes, como a presença de sulfatos e sólidos em suspensão.

Ainda com relação a futuros projetos, recomenda-se a verificação da influência destes fatores, se possível por meio de plantas piloto.

Do ponto de vista econômico/financeiro, deve-se considerar fundamental a economia gerada substituição de eventuais 240 HP (caso houvesse sido implantado algum tipo de processo aeróbico), bem como a pequena área ocupada. Os custos de construção civil também foram bastante reduzidos, uma vez que a obra foi realizada por equipe própria, a preços de custo.

VII - Referências Bibliográficas

- Look Hulshoff Pol e Gatze Lettinga - "Advanced Reactor Design, Operation and Economy - Dept. of Water Pollution Control - Agricultura University - Netherlands.
- Look Hulshoff Pot e Gatze Lettinga - "New Technologies for Anaerobic Waste Water Treatment "- Dept. of Water Pollution Control - Agricultura University - Netherlands.
- L.H.A. Habets e J.H. Knelissen - "Anaerobic Waste Water Treatment Plant at Papier - Fabrik Roermond Working Successfully and Saving Expenses"- Netherlands.
- N. Tudroszen - "A Review of Wastewater Tratment by Anaerobic Digestion " - Bunge/Australia.