

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM CURTUME NA CIDADE DE UERLÂNDIA - MG

Lara Letícia Galdino Amorim (*), Kátia Pontes Vargas, Eleonora Henriques Amorim de Jesus

* Instituição, Universidade de Uberaba – UNIUBE (lara-112@hotmail.com)

RESUMO

Com a crescente industrialização global aumentam os despejos de efluentes líquidos nos corpos hídricos fazendo-se necessário um tratamento eficaz a fim de remover sua carga poluidora antes de serem descartados. Uma estação de tratamento de efluentes que possui em seu processo o sistema de lodos ativados apresenta grande eficiência na remoção de poluentes. O sistema de lodo ativado depende principalmente da ação dos microrganismos para funcionar corretamente, sendo que os parâmetros físico-químicos colaboram e são essenciais para garantir o bom desempenho do processo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de lodo ativado de um curtume localizado em Uberlândia-MG analisando e avaliando características físico-químicas presentes nele no período de janeiro a março de 2014. Verificou-se no período analisado com as análises laboratoriais que o sistema está atuando para uma elevada remoção da carga poluidora com uma média de eficiência na remoção de DBO de 93% e de DQO de 92%. Para alguns parâmetros de controle do sistema de lodo ativado constatou-se a necessidade de alguns ajustes operacionais para alcançar o perfeito funcionamento do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes, Lodo Ativado, Microrganismos.

INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação com a qualidade e a disponibilidade dos recursos naturais, com destaque para os recursos hídricos, fez com que surgisse uma pressão a nível mundial sobre as atividades potencialmente poluidoras para que estas tomassem medidas de precaução e remediação quanto à geração de impactos ambientais causados pelo desenvolvimento de seus processos. Juntamente com essa exigência global, os órgãos ambientais criaram leis e medidas de execução mais rígidas para proteger e garantir a perenidade dos recursos naturais. Além disso, é cada vez mais nítido o interesse de pequenos a grandes empreendimentos e organizações preservarem os recursos naturais disponíveis, minimizando seus impactos principalmente com o objetivo de serem sustentáveis perante a sociedade e aos seus clientes.

Empreendimentos de várias naturezas (industrial, mineradora, agrícola e etc.) causam impactos ambientais de diferentes tipos e escalas, sendo comumente identificada a geração de resíduos sólidos e líquidos que quando não tratados e dispostos inadequadamente podem contaminar a água e o solo. Os resíduos líquidos gerados nos processos de tais empreendimentos são denominados de efluentes, os quais podem possuir diferentes características quantitativas e qualitativas de acordo com o seu surgimento na fonte geradora considerando cada processo e matéria prima utilizada. As indústrias que processam o couro animal, a fim de produzirem o couro curtido que serve de matéria prima para a fabricação de diversos artigos para mobília, automóveis e vestuário, são conhecidas como curtumes.

Os curtumes geram em seus efluentes, altas concentrações de cargas poluidoras e odores desagradáveis ocasionando elevado impacto ambiental, o que juntamente com o cumprimento de legislações pertinentes, motivou a busca dessas indústrias por novas técnicas, estudos e inovações tecnológicas em equipamentos para melhorias na eficiência do tratamento de seus efluentes (SOUZA, 2007).

O efluente gerado por curtumes que desenvolvem a atividade de fabricação de couro semiacabado não associada ao curtimento apresentam diversos tipos de compostos químicos como sais e metais pesados e diversas características físico-químicas como teores de sólidos, acidez, cor, turbidez, elevada demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). De acordo com o artigo 3º da Resolução CONAMA nº 430 (2011), “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados nos corpos receptores após o devido tratamento [...]”. Sendo assim, existem distintas formas de tratamento de efluentes de curtumes que envolvem processos físicos, químicos e biológicos para a eliminação e neutralização dos poluentes presentes no efluente, antes de serem lançados nos corpos receptores.

No curtume a ser avaliado, preliminarmente, processos físicos são utilizados para remoção de materiais grosseiros. Na etapa primária, processos físico-químicos são responsáveis pela sedimentação de partículas sólidas em suspensão, onde essas partículas se sedimentam no fundo de um decantador formando o lodo primário. Durante o tratamento secundário que objetiva a remoção da matéria orgânica ainda presente, o efluente passa por um reator biológico de lodo ativado aerado por meio de ar difuso. No sistema de lodo ativado, que será objeto desse trabalho, colônias de microrganismos em condições aeróbias degradam a matéria orgânica presente no efluente, formando uma biomassa chamada lodo ativado. Após essas etapas de tratamento, o efluente é encaminhado para a sua destinação final, que é na rede pública coletora de esgotos.

Nesse trabalho, visando verificar a eficiência do sistema de lodo ativado do curtume citado quanto à remoção de poluentes e as condições dos parâmetros e variáveis que influenciam no pleno funcionamento deste sistema, serão avaliados resultados de análises físicas, químicas e biológicas do lodo ativado e do efluente, objetivando-se também a melhoria contínua no sistema. .

JUSTIFICATIVA

Este estudo surgiu da necessidade de avaliar - principalmente em escala ambiental - o efluente tratado final, após ter sido implantado um novo reator biológico de lodo ativado por meio de ar difuso, o qual, por apresentar melhor distribuição de oxigênio, favorece o consumo da matéria orgânica pelos microrganismos presentes no lodo ativado.

Após a verificação dos resultados analíticos obtidos com esse estudo, poderão obter-se soluções para possíveis problemas identificados, auxiliando o curtume a tomar medidas corretivas para alcançar a eficiência ideal no sistema de lodos ativados que exige um controle efetivo. Essa pesquisa também poderá servir de referencial para outros curtumes que apresentam o mesmo processo produtivo deste, com características do efluente idênticas ou parecidas, na solução de problemas ou melhorias no seu sistema de tratamento.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do sistema de lodo ativado no tratamento do efluente de um curtume quanto à remoção de poluentes e quanto aos parâmetros de controle de operação do mesmo.

Objetivos Específicos

Analisar a remoção de poluentes comparando o efluente de entrada do tratamento e efluente tratado final. Verificar se os parâmetros de controle do sistema de lodo ativado estão atuando para o bom funcionamento do mesmo. Propor medidas corretivas no processo de tratamento se for necessário.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A indústria de couros no Brasil

O Brasil é um grande produtor de couros a nível mundial, ocupando posição de destaque em exportações deste produto. Somente no mês de setembro de 2013, o Brasil exportou 3.177 milhões de couros bovinos, o que representa um valor total de US\$ 221.823 milhões. Considerando o ano de 2013, os principais países que receberam o couro brasileiro foram China, Itália e Estados Unidos. Vale ressaltar que devido ao Brasil possuir um dos maiores rebanhos bovinos no mundo, a maior parte de sua produção coureira é provinda de couro bovino (CICB, 2013). A indústria brasileira de couros

possui 702 plantas de médio, grande e pequeno porte, além de pequenos curtumes artesanais sem registro formal, que empregam milhares de pessoas por todo o país. As empresas produtoras de couros estão concentradas na região Sul e Sudeste representando 75% do total, conforme mostra a Tabela 1 (ABDI, 2011).

Tabela 1 – Distribuição das empresas brasileiras de couro por região - Fonte: Autor do Trabalho, 2014.

Região	Empresas	
	Quantidade	Porcentagem (%)
Centro-Oeste	63	9
Nordeste	90	13
Norte	25	4
Sudeste	243	35
Sul	281	40

A unidade industrial do curtume localizado na cidade de Uberlândia – Minas Gerais que terá seu sistema de tratamento de efluentes analisado neste estudo realiza as atividades de industrialização de couros Wet Blue até transformá-los em couros semiacabados que já se encontram em um estágio intermediário de processamento com características pré-estabelecidas para usos de estofamento mobiliário, automotivo ou artefatos. Para que o leitor conheça e se habitue a este processo produtivo, serão descritas a seguir as etapas de industrialização do couro que são praticadas pelo curtume estudado neste trabalho.

O processo de produção do couro semiacabado

A matéria prima utilizada, o couro Wet Blue, passa primeiramente pelo processo de remolho que tem por finalidade hidratar e eliminar impurezas, preparando o couro para as etapas seguintes. O remolho acontece nos fulões de bater que são máquinas que rotacionam em seu próprio eixo a uma velocidade de aproximadamente seis rotações por minuto (rpm).

Nesta etapa, o fulão é abastecido com água a temperatura adequada (entre 18°C e 30°C) para o processo e são adicionados produtos químicos próprios para que o couro atinja as características desejadas. Após sair dos fulões de remolho, o couro que se encontra encharcado, é encaminhado para a máquina enxugadeira, que o conduz entre um conjunto de rolos e tapetes de feltro submetendo-o a grandes pressões que irão retirar o excesso de umidade, cumprindo o objetivo desta etapa.

Ao sair da enxugadeira o couro passa linearmente pela medidora que está acoplada a primeira e é composta por fotocélulas dispostas em uma esteira, onde sua área vai ser medida em metros ou pés quadrados. Nesta fase o couro é separado por uma máquina dividindo-o em duas partes: a parte nobre, conhecida como flor, e a raspa que é separada por espessura, pesada e vendida como subproduto. O objetivo da divisão é atingir a espessura de acordo com o artigo final que se quer obter.

No rebaixamento, o couro é submetido a um processo mecânico com o intuito de regularização e acerto de espessura, também em função do artigo final. O couro também passa pelo processo de recorte pós-rebaixamento, que consiste na retirada de sobras, rebarbas e imperfeições existentes nas extremidades do couro feito manualmente com facas. Novamente dentro de fulões, ocorrem às etapas de recurtimento, tingimento e engraxe, através de processos químicos que vão conferir a maioria das propriedades finais do couro como cor, maciez, firmeza de flor, enchimento, eliminação da elasticidade, capacidade de gravação, solidez a luz, resistência ao suor e impermeabilidade. De acordo com o artigo final é que se determina a formulação química e sua diluição em água e demais características.

Todas essas etapas são cercadas de vários controles como potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, tempo e volume de banho. Finalizada a etapa de recurtimento, o couro passa pelo processo de secagem para retirar a umidade que se encontra na estrutura fibrilar e na superfície do couro e estiramento, ocorrendo o ganho de área superficial. A secagem ocorre das seguintes maneiras:

- Secagem via estaquiamento: o couro é esticado em uma tela e preso nela por grampos em todas as suas extremidades. Esta tela é encaminhada mecanicamente para uma grande câmara com circulação de ar aquecido e com controle de temperatura e umidade;
- Secagem a vácuo: nesse sistema, o couro é disposto horizontalmente em uma plataforma onde será prensado e com a redução da pressão, o ponto de ebulição da água cai e esta evapora mais rapidamente.

O recondicionamento consiste na reposição da água perdida durante a secagem visando atingir a porcentagem adequada de umidade para que o couro possa ser submetido aos posteriores trabalhos mecânicos. Esse processo é realizado por pulverização de água na superfície do couro em uma máquina que possui um tipo de esteira feito de fios de nylon, denominada reumectadora. Após o recondicionamento o couro deve descansar por pelo menos oito horas. Com o objetivo amaciar o couro, este passa por um equipamento composto de uma esteira que possui pinos alternados na parte superior e inferior que comprimem o couro fazendo com que suas fibras se distendam.

Os couros possuem imperfeições como marcas de bernes, carrapatos e riscos abertos na sua superfície tornando-a irregular na maioria das vezes. Para corrigir esses defeitos é utilizada uma espécie de massa conhecida como estuco, fabricada de acordo com o couro a ser estucado, e que, manualmente com o apoio de uma espátula, é passada sobre os pontos irregulares. Após a estocagem, o couro passa por um tempo de descanso para que o estuco seque e se fixe sobre sua superfície. Na fase de lixamento, a superfície do couro é lixada com o objetivo de eliminar todos os defeitos ainda existentes e nivelar a massa de estuco. O procedimento de lixamento é realizado na máquina denominada lixadeira, que tem acoplada a ela uma desempoadadeira, cujo objetivo é retirar o pó proveniente do lixamento.

Geralmente o couro é lixado antes e depois da estocagem. Na sequência do lixamento é realizado um novo recorte nas extremidades do couro retirando partes desnecessárias. Para essa operação utilizam-se facas pequenas ou facas giratórias automáticas. Durante todo o processo citado são realizadas vistorias com o objetivo de classificar o couro de acordo com um padrão de classificação, o que também ocorre nesta etapa final. Posteriormente ocorre uma nova medição já que o couro ganhou novas medidas e é vendido em área. Forma-se então o lote de couros que é embalado e expedido para os clientes finais.

Efluentes e sua influência no meio ambiente

Os efluentes podem ser categorizados em industriais e sanitários. Os efluentes sanitários são aqueles rejeitos líquidos constituídos por esgotos domésticos, águas de infiltração e efluentes industriais lançados na rede pública coletora de esgotos. Já os industriais são aqueles gerados por processos em indústrias (BRAGA, 2005).

A partir da Revolução Industrial, a explosão das indústrias trouxe consigo a geração desenfreada de rejeitos líquidos e sólidos. Inicialmente não existia a preocupação com a carga poluidora que o efluente de determinadas indústrias poderia ter e o impacto causado por este quando despejado indiscriminadamente no meio ambiente. Um infinito e diversificado número de produtos e processos produtivos são utilizados pelas indústrias, nos quais são utilizadas inúmeras matérias primas de diversas fontes.

Os efluentes, então, são variáveis de acordo com a fonte geradora. Desta forma, é necessário que se conheça profundamente as características do efluente industrial para determinar o tipo de tratamento adequado e atender os padrões de lançamento estabelecidos (BRAGA, 2005).

A atividade industrial que gera efluentes líquidos e não os trata antes de despejá-los nos corpos receptores causa impactos permanentes aos recursos naturais, principalmente no solo e na água. Com o passar do tempo, conferências e estudos mundiais mostraram a importância de se tratar o efluente industrial para preservar os recursos naturais e as legislações passaram a cobrar efetivamente o tratamento desses efluentes dentro das indústrias. Os efluentes podem ser tratados e reutilizados dentro do próprio processo da indústria, reduzindo custos e mitigando impactos ambientais.

Processos e níveis do tratamento de efluentes industriais

Com o objetivo de remover a carga poluidora do efluente, uma estação de tratamento de efluentes envolve processos químicos, físicos e biológicos para atingir uma qualidade de tratamento eficiente. Os processos físicos são responsáveis pela separação e remoção de substâncias sólidas do líquido susceptíveis a essa ação física. Os processos químicos ocorrem com a adição de produtos químicos para desencadear certas reações e remover compostos em que os processos físicos não conseguiram atuar. Os processos biológicos dependem da ação de microrganismos no meio para a remoção da carga poluidora.

Os níveis de tratamento de efluentes industriais são categorizados da seguinte forma:

A) Tratamento preliminar: possui o objetivo de remoção de sólidos grosseiros, gorduras e areia.

- B) Tratamento primário: consiste na remoção de sólidos suspensos, sedimentáveis e não sedimentáveis.
- C) Tratamento secundário: remoção de matéria orgânica por ação de microrganismos.
- D) Tratamento terciário: aplicado para remover poluentes que não foram removidos nas etapas anteriores.

Descrição do processo de tratamento de efluentes utilizado no curtume a ser avaliado

O tratamento de efluentes do curtume estudado consiste no tratamento preliminar, primário e secundário com um volume diário de tratamento de 1.000 m³.

No tratamento preliminar, os efluentes gerados em toda a indústria são coletados por meio de canaletas e passam primeiramente por gradeamento onde são retidas e retiradas às partículas grosseiras como carnaças do couro, plásticos e outros materiais. Posteriormente, o efluente passa pela caixa de gordura, onde óleos e graxas serão retirados. Esses dois processos ajudam na conservação de equipamentos como bombas, tubulações, registros e válvulas. Após passar pela caixa de gordura, o efluente passa novamente por um novo gradeamento.

O efluente segue para a calha Parshall onde é medida a vazão de entrada dele através de um medidor ultrassônico e em seguida passa por uma peneira estática autolimpante que possui a mesma função do gradeamento. O efluente é então encaminhado por gravidade para o equalizador que possui a função de homogeneizá-lo através da mistura realizada por um aerador flutuante. No equalizador também é feito o ajuste de pH através da adição de cal hidratada, buscando atingir uma faixa entre 8,0 e 11,0, o que irá depender das características do efluente de entrada do equalizador.

No tratamento primário, o efluente recebido é bombeado do equalizador para o tanque de tratamento físico-químico onde serão adicionados o coagulante (sulfato de alumínio) e o polímero para a formação dos flocos que serão decantados no decantador primário, após o efluente ter sido encaminhado para ele. O lodo formado do decantador primário é recalcado para a prensa e a centrifuga de lodo e enviado para disposição final, já o efluente primário segue por gravidade para o tratamento secundário.

No reator biológico aerado por meio de ar difuso, os microrganismos atuam na decomposição da matéria orgânica. O efluente e o lodo ativado presente no reator são estabilizados e encaminhados por gravidade para o decantador secundário onde ocorre a sedimentação do lodo que é recalcado novamente para o reator biológico e o efluente passa por outra calha Parshall para medir a vazão de saída e segue para a destinação final que é na rede pública coletora de esgotos. O lodo em excesso do reator biológico é destinado para ser prensado ou centrifugado.

Sistema de lodo ativado como tratamento secundário

O sistema de lodo ativado é utilizado para o tratamento de efluentes sanitários e industriais principalmente quando o efluente possui alta carga poluidora e se deseja que haja uma elevada qualidade no efluente tratado (VON SPERLING, 1997). O princípio básico do processo de lodo ativado é a depuração da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos. Existem muitas variantes no processo de lodos ativados e os sistemas podem ser classificados de acordo com a idade do lodo (lodo ativado convencional ou aeração prolongada); de acordo com o fluxo (fluxo contínuo ou intermitente) ou ainda de acordo com objetivos do tratamento (remoção de carbono ou remoção de carbono e nutrientes) (VON SPERLING, 1997).

O curtume avaliado apresenta uma junção dessas variantes em um sistema de lodos ativados com aeração prolongada de fluxo contínuo que possui de forma sequencial na etapa de tratamento biológico o reator aerado, o decantador secundário e o reciclo do lodo. No reator aerado ocorre a degradação da matéria orgânica, onde a biomassa, que é formada pelos microrganismos, consome o substrato existente no efluente de entrada do reator.

No decantador secundário ocorre a sedimentação das partículas sólidas que ainda restaram no sistema e por fim, essa biomassa sedimentada é retornada para o reator por meio de bombeamento (reciclo de lodo), aumentando a concentração de biomassa no mesmo (VON SPERLING, 1997). O reator biológico do curtume possui um volume de 6505 m³. O efluente que entra no reator fornece alimento na forma de DBO para os microrganismos para que eles cresçam e se reproduzam de forma contínua. Caso as populações de microrganismos cresçam indefinidamente e atinjam grandes concentrações, a transferência de oxigênio seria dificultada.

Logo, o decantador secundário ficaria sobrecarregado e a sedimentação seria insatisfatória. Esse excesso de biomassa é denominado lodo biológico excedente, que deve ser retirado do sistema na mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução (VON SPERLING, 2005).

Sistema de aeração por ar difuso

O sistema de aeração por ar difuso é composto por difusores de ar mergulhados no líquido presente no reator, por tubulações de distribuição e transporte de ar, sopradores e outros equipamentos por onde o ar passa. O ar é introduzido no fundo do tanque e o oxigênio é transferido ao meio líquido à medida que a bolha se eleva a superfície (VON SPERLING, 1997).

O sistema avaliado nesse estudo é aerado por meio de difusores porosos feitos de membranas flexíveis que ao receberem o ar inflam-se permitindo o alargamento de pequenas aberturas que irão difundir o ar no meio líquido. A demanda de transferência de oxigênio é variável e pode ser moldada através do controle dos sopradores e do sistema de distribuição de ar (VON SPERLING, 1997). Os sistemas de aeração em reatores podem ser ainda por meio de agitadores mecânicos ou uma combinação deste com os difusores.

Legislações relacionadas com o tratamento de efluentes

O curtume estudado por lançar seu efluente na rede pública coletora de esgotos, deve atender a legislação municipal PREMEND (Programa de Recebimento de Efluentes não Domésticos) disposta sob Decreto nº 13.481 de 22 de junho de 2012, e todos os parâmetros e limites por ela estabelecidos antes de descartar seus efluentes. Essa legislação foi criada para que todas as industriais descartem seus resíduos líquidos em condições adequadas para o posterior tratamento pelo sistema público, tornando-o compatível com o esgoto doméstico (UBERLÂNDIA, 2012).

A Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01 de 05 de maio de 2008 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes também é utilizada pelo curtume apenas como parâmetro para verificação da eficiência de seu tratamento, já que a mesma não lança seu efluente diretamente no corpo hídrico (MINAS GERAIS, 2008).

Parâmetros físico-químicos de remoção da carga poluidora e relacionados com o controle do sistema de lodos ativados

DBO e DQO

A DBO e a DQO são parâmetros que indicam o grau de carga poluidora (matéria orgânica) em um efluente.

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária aos microrganismos na estabilização da matéria orgânica em decomposição em condições anaeróbias. Quando maior a quantidade de matéria biodegradável no efluente maior será sua DBO (NUVOLARI et al, 2003). Para verificar a eficiência de remoção de DBO é necessário avaliar o efluente de entrada e saída do reator biológico. A remoção de DBO em curtumes que operam suas estações de tratamento de efluentes com o sistema de lodo ativado atinge um valor médio de 90%. Equação para avaliar eficiência de remoção de DBO:

$$EF(\%) = \left(\frac{DBOe - DBOs}{DBOe} \right) \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

onde:

EF (%) = Eficiência de remoção em porcentagem

DBOe = DBO entrada do reator biológico

DBOs = DBO saída final

A DQO determina o consumo de oxigênio pelos microrganismos para oxidar compostos orgânicos, biodegradáveis ou não, exclusivamente pela oxidação química (NUVOLARI et al, 2003). Para verificar a eficiência de remoção de DQO deve proceder-se da mesma maneira da DBO, substituindo os valores de DBO pelos de DQO.

Teores de sólidos suspensos

As partículas que se encontram em suspensão na água são conhecidas como sólidos suspensos (SS) e para o sistema de lodos ativados seus teores devem ser analisados de acordo com o tipo de sólidos suspensos. Os sólidos suspensos voláteis (SSV) representam a massa de microrganismos presentes no sistema.

Os sólidos suspensos fixos (SSF) são os componentes inertes dos sólidos em suspensão. Os sólidos suspensos totais (SST) são a soma dos SST E SSF. Para conservar a biomassa de sólidos ativa no reator biológico é preciso manter valores entre 10% e 30% de sólidos fixos e 70% a 90% de sólidos voláteis. A relação entre os SS e os SSV deve ser mantida nesta faixa a fim de garantir o material ativo no tanque, responsável pela depuração da matéria orgânica (CLAAS,2007).

Parâmetros de controle do sistema de lodos ativados

Relação F/M

A relação F/M (food-to-microorganism ratio) é a quantidade de alimento ou substrato disponível por unidade de massa dos microrganismos, ou seja, representa a carga disponível, e estabelece relação direta com a eficiência do sistema (SPERLING, 1997). Quanto menor a disponibilidade de DBO fornecida às bactérias (baixa relação F/M) a busca pelo alimento é maior e a remoção de DBO se torna mais eficiente. De modo inverso, quanto maior a disponibilidade de DBO fornecida às bactérias (alta relação F/M), menor será a remoção de DBO (VON SPERLING, 1997). O parâmetro F/M em lodos ativados com aeração prolongada deve variar entre 0,05 a 0,15 Kg DBO5/Kg SSV dia segundo Jordão (1977, apud MACIEL, 2002, p.90). A relação F/M é expressa como:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X_v} \quad \text{equação (2)}$$

onde:

Q = Vazão do efluente (m³/dia)

S_o = Concentração de DBO no efluente (g/m³)

V = Volume do reator (m³)

X_v = Concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV) (g/m³)

F/M = carga de lodo (gDBO fornecidos por dia/g SSV)

Índice volumétrico de lodo

Para a constatação da sedimentabilidade do lodo é realizada a verificação do índice volumétrico de lodo (IVL) que é definido como o volume ocupado por grama de lodo após uma decantação de 30 minutos (SD30). Quando maior o IVL, maior será a sedimentabilidade do lodo. Com a utilização da tabela 2 é possível determinar a qualidade da sedimentabilidade do lodo de acordo com o valor de IVL obtido. Equação para determinação do IVL:

$$IVL = \frac{SD30}{SSRB} \quad \text{equação (3)}$$

onde:

SD30 = Volume ocupado por grama de lodo após uma decantação de 30 minutos (mg/L)

SSRB = Sólidos suspensos no reator biológico (mg/L)

Tabela 2 – Interpretação aproximada do resultado do Índice volumétrico do Lodo - Fonte: Autor do Trabalho, 2014.

Sedimentalidade	Faixas de Valores de IVL (mL/g)
Ótima	0 – 50
Boa	50 – 100
Média	100 – 200
Ruim	200 – 300
Péssima	➤ 300

Idade do lodo

O parâmetro idade do lodo (IL) mede o tempo, em dias (residência celular) que os microrganismos são mantidos no sistema. O tempo deve ser suficiente para que os microrganismos degradem a matéria orgânica, se esse tempo for ultrapassado pode resultar em uma concentração alta de material biológico (CLAAS, 2007). Conforme Von Sperling (1997), a idade do lodo típica para sistemas de lodos ativados com aeração prolongada é de 18 a 30 dias.

Excesso de lodo biológico

A idade do lodo irá determinar o excesso desse lodo no reator biológico, e esta quantidade obtida deve ser descartada fora do sistema para mantê-lo equilibrado.

Vazão de reciclo de lodo biológico

O lodo presente no decantador secundário é retornado para o reator biológico por conter biomassa composta por microrganismos que consomem a matéria orgânica e para manter a quantidade de SSV no reator.

Variáveis que interferem no sistema de lodos ativados

Oxigênio dissolvido

O teor de oxigênio dissolvido (OD) é de extrema importância no controle do sistema de lodos ativados, pois em excesso pode causar perdas e em falta pode resultar em um fator limitante no crescimento dos microrganismos. A faixa de concentração ideal de oxigênio dissolvido é de 1,0 a 2,0 mg/L (CLAAS, 2007). A NBR 12209 (1992), recomenda a concentração de 1,5 mg/L quando a idade do lodo for igual ou superior a 18 dias e 2,0 mg/L quando a idade do lodo for menor que 18 dias.

Temperatura

As reações químicas e biológicas existentes tendem a aumentar com a temperatura, que influencia no metabolismo microbiano interferindo nas taxas de oxidação da matéria orgânica (VON SPERLING, 1997). Sawyer e Mc Carty (1978, apud VON SPERLING, 1997, p.105) “nas reações químicas, uma regra aproximada é de que a velocidade de reação dobra para cada aumento de 10°C na temperatura do meio [...]”.

A temperatura é, então, um fator seletivo da biomassa, podendo ocasionar mudanças na mesma. O valor considerado ótimo para o crescimento e sobrevivência dos microrganismos no sistema está entre 20°C e 30°C, sendo que o valor máximo é de 40°C e o mínimo de 4°C. Além disso, a temperatura influencia na concentração de oxigênio na água: quanto maior a temperatura menor a concentração de oxigênio na água (VON SPERLING, 1997).

pH

O pH do sistema de lodos ativados desempenha um papel importante no seu funcionamento e, por isso, deve ser constantemente monitorado. A faixa de pH considerada ótima é de 6,0 a 8,0 (próximo do pH neutro), valores abaixo ou

acima destes podem causar efeitos prejudiciais ao sistema. Mudanças bruscas de pH podem causar efeito tóxico para os microrganismos que são responsáveis pelo tratamento biológico, além de afetar as reações enzimáticas, diminuindo a velocidade das reações existentes no sistema (CLAAS, 2007).

Nutrientes

Os microrganismos necessitam de nutrientes para se desenvolverem e os elementos nitrogênio e fósforo, proporcionam essa condição. Segundo Claas (2007), a proporção ideal de nutrientes para lodos ativados que operam em faixas de crescimento ativo é dada por DBO:N:P = 100:5:1. É necessário verificar periodicamente a disponibilidade de nutrientes no efluente de entrada do reator para contatar se há ou não necessidade de dosagem de nutrientes no sistema de lodos ativados.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DA EMPRESA – OBJETO DO ESTUDO

Este estudo de caso foi realizado na estação de tratamento de efluentes de um curtume localizado na cidade de Uberlândia – MG que realiza a atividade de fabricação de couro não associada ao curtimento, sendo as principais linhas de produção automotiva, mobília e artefatos.

PROCEDIMENTOS E MATERIAIS PARA COLETA E ANÁLISE

Para alcançar os objetivos deste estudo foram realizadas análises físico-químicas do efluente e do lodo para verificar a eficiência quanto à remoção da carga poluidora do sistema de lodos ativados e para avaliação dos parâmetros e variáveis que interferem no funcionamento e na operação do mesmo.

As amostras do efluente foram coletadas na entrada da ETE (efluente bruto), na entrada do reator biológico (efluente primário), na saída do decantador secundário (efluente final) e dentro do reator biológico. A amostra de lodo foi coletada no sistema de reciclo de lodo. Os parâmetros físico-químicos monitorados foram: DBO, DQO, OD, pH, temperatura, sedimentação do lodo, teor de nitrogênio e fósforo e sólidos suspensos.

As amostras para a determinação da DBO, DQO, sólidos suspensos, teor de nitrogênio e fósforo foram coletadas por um laboratório terceirizado, credenciado junto a Federação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e acreditado pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, sendo que a metodologia das análises foi realizada de acordo com a norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater–Methods.

Para a determinação do pH e da temperatura foram coletadas amostras em béqueres de 50 mL as quais foram analisadas em um pHmetro de bancada da marca FiveEasy modelo FE20, no laboratório da própria ETE. Já para a quantificação do OD, utilizou-se o aparelho oxímetro modelo Oxygem Meter AB 96008

Para a análise de sedimentação do lodo utilizou-se o cone Imhoff para coletar amostras de 1 litro de efluente dentro do reator biológico.

As análises de pH, temperatura, OD e sedimentação do lodo foram realizadas pela própria autora, sendo que todos os equipamentos e vidrarias utilizadas estavam todas calibradas. As calibrações são realizadas periodicamente por empresas especializadas terceirizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 mostra os valores de DBO e DQO encontrados nas análises dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2014 referentes ao efluente bruto, primário e final.

Tabela 3 – Resultados das análises de DBO e DQO (mg/L) - Fonte: Autor do Trabalho, 2014.

Parâmetro	Valor Efluente Bruto		Valor Efluente Primário		Valor Efluente Final	
	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO
Jan/14	1.597,06	4.049,50	1.235,46	3.239,80	110,66	296,00
Fev/14	1.383,33	3.640,00	1.016,66	2.576,50	105,00	278,00
Mar/14	1.466,63	3.887,00	1.133,30	2.876,00	116,60	299,30

Através dos dados demonstrados na tabela 3, verificou-se que os valores de DQO para entrada do tratamento de efluentes (efluente bruto) apresentaram uma média de 3.858,83 mg/L e os valores de DBO uma média de 1.482,34 mg/L, representando uma alta concentração de carga orgânica e inorgânica neste efluente. Já para o efluente primário, ou seja, aquele que ingressa no reator biológico identificou-se uma média de DQO de 2.897,43 mg/L e para DBO uma média de 1.128,47 mg/L. Assim, o reator biológico recebe ainda uma elevada carga orgânica para biodegradar. Para o efluente tratado final (saída decantador secundário) obteve-se a média de 291,10 mg/L para DQO e 110,75 mg/L para DBO.

Com base nesses dados, compararam-se os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos nas legislações. A Figura 1 evidencia que para as três análises realizadas de DBO no efluente tratado final houve o atendimento do parâmetro determinado pela Lei PREMEND que é de 350 mg/L.

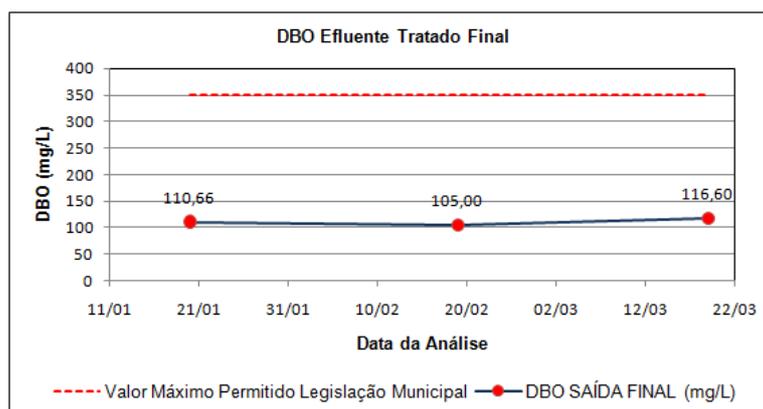


Figura 1 - Variação de DBO no efluente tratado final. Fonte: Autor do Trabalho.

Na Figura 2 é possível observar que a Legislação Estadual DN COPAM/CERH-MG 01/08 também foi atendida, já que a mesma determina que a remoção de DBO deva ser no mínimo de 75% no mês e 85% no acumulado do ano.

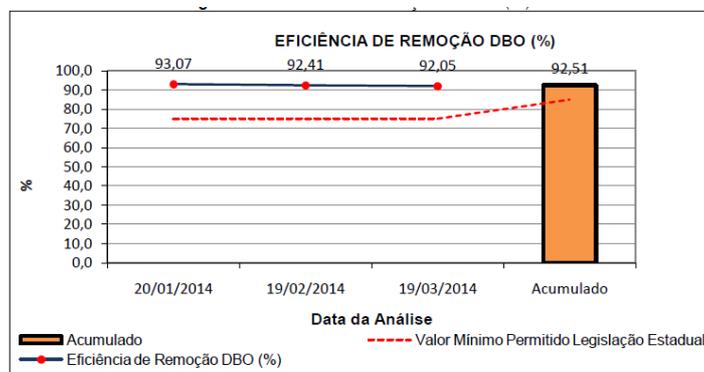


Figura 2 – Eficiência de remoção de DBO (%). Fonte: Autor do Trabalho.

As análises de DQO no efluente tratado final atenderam o disposto na Lei PREMEND que é de 600 mg/L, conforme visualizado na Figura 3.

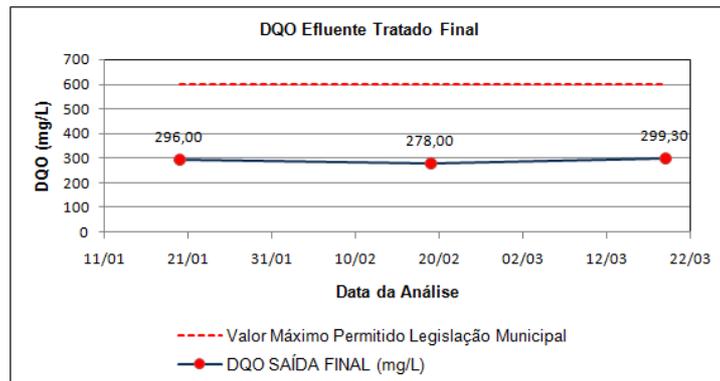


Figura 3 – Variação de DQO no efluente tratado final. Fonte: Autor do Trabalho.

Através da Figura 4 também foi possível verificar que a Legislação Estadual DN COPAM/CERH-MG 01/08 foi atendida, pois a mesma determina que a remoção de DQO deva ser no mínimo de 70% no mês e 75% no acumulado do ano.

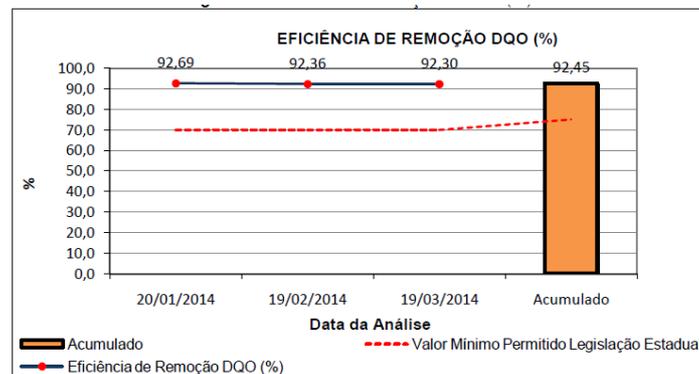


Figura 4 – Eficiência de remoção de DBO (%). Fonte: Autor do Trabalho.

Na Figura 5 abaixo é possível visualizar as variações dos valores de pH dentro do reator biológico no período analisado.

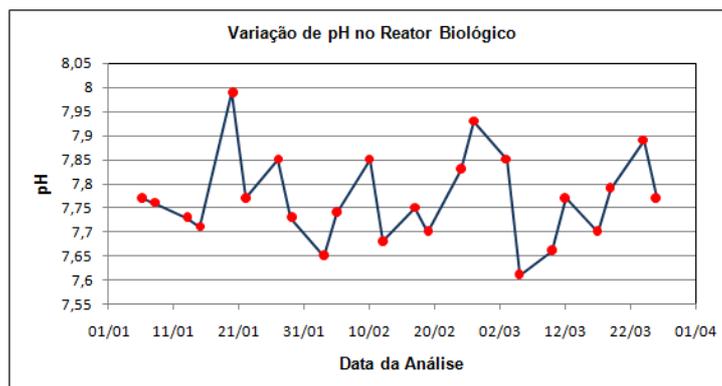


Figura 5 – Variação de pH no reator biológico . Fonte: Autor do Trabalho.

Verificou-se que o pH dentro do reator biológico oscilou de 7,6 a 7,9 mantendo um pH médio de 7,7, dentro da faixa aconselhada por Class (2007). Valores extremos de pH (muito ácidos ou muito alcalinos) podem danificar a massa biológica presente no sistema responsável pela depuração da matéria orgânica (FILHO, 2009).

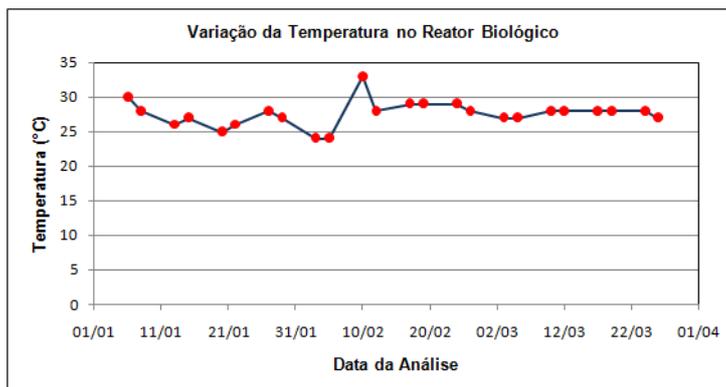


Figura 6 – Variação da temperatura no reator biológico. Fonte: Autor do Trabalho.

A Figura 6 apresenta a variação da temperatura no reator biológico registrada durante o período avaliado a qual esteve na faixa de 24°C a 30°C com uma média de 28°C. Assim, os valores encontrados estão dentro do recomendado. A atividade dos microrganismos decresce com a diminuição da temperatura o que acarreta em uma queda na remoção de DBO. Conforme já citado por Sperling (2007) as reações químicas e biológicas tendem a acelerar com o aumento da temperatura a qual deve ser sempre mantida na faixa ideal. Se necessário, o ajuste de temperatura pode ser feito com o aumento no tempo de detenção (tempo de permanência do efluente no local de depuração) no reator biológico.

Conforme a Figura 7 em seguida, observou-se que os valores de OD dentro do reator biológico no período compreendido entre os meses de janeiro e março de 2014 estiveram na faixa de 1,4 mg/L a 3,01 mg/L, sendo que a média para os três meses foi de 1,8 mg/L. Os valores obtidos estão dentro da faixa recomendada, representando um fator determinante para a eficiência do sistema.

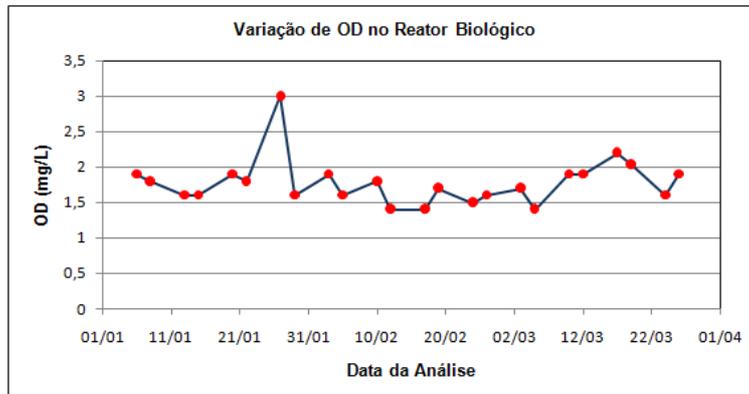


Figura 7 – Variação de OD no reator biológico. Fonte: Autor do Trabalho.

Teores de oxigênio dissolvido menores que 0,5 mg/L resultam em uma incompleta oxidação bioquímica da matéria orgânica, o que consequentemente gera um aumento de DBO no efluente.

Para Class (2007), teores baixos de OD também podem causar perdas de massa biológica com a morte de microrganismos o que causará odores desagradáveis. Valores superiores a 4 mg/L prejudicam o desenvolvimento de microrganismos e também a sedimentação do lodo, impedindo-o de se espessar.

Além disso, valores acima do ideal podem representar um consumo de energia desnecessário. Para controlar o fornecimento de OD para o reator biológico deve-se atuar sobre os dispositivos de aeração, neste caso os sopradores e exaustores, acionando e desligando suas unidades de acordo com os valores de OD obtidos tomando-se o cuidado de não desativar todas as unidades simultaneamente, atividade esta que já é realizada na ETE estudada neste trabalho.

Na Figura 8 é possível visualizar a variação dos resultados do teste SD30 para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2014.

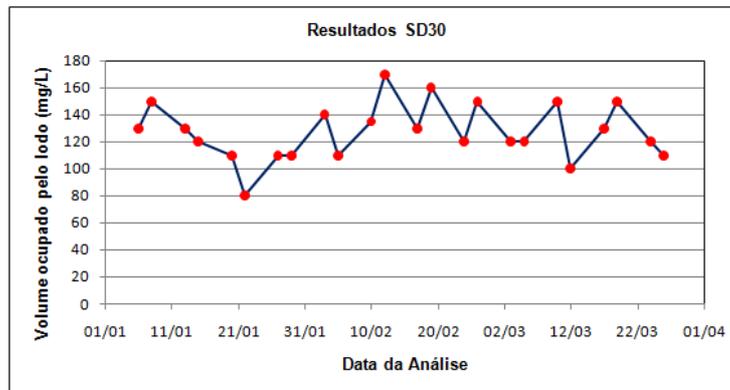


Figura 8 – Resultados SD30. Fonte: Autor do Trabalho.

Constatou-se que o valor médio encontrado no teste SD30 realizado no cone Imhoff para o período monitorado foi de 127,29 mg/L variando de 80 mg/L até 170 mg/L. No entanto, somente foi possível calcular o IVL para o mês de janeiro de 2014, no qual realizou-se também a análise de sólidos suspensos no reator biológico, chegando-se a um resultado de 89,29 mL/g caracterizando uma boa sedimentabilidade do lodo.

Na tabela 4 estão demonstrados os demais resultados obtidos com as análises realizadas no mês de janeiro de 2014.

Tabela 4 – Resultados obtidos com as análises realizadas em janeiro de 2014 - Fonte: Autor do Trabalho, 2014.

Parâmetro Analisado	Resultado	
	Jan/2014	Unidade
F/M	0,05	KgDBO/KgSSV.dia
SS/SSV	47,62	%
Idade do Lodo	8,00	Dias
Excesso de Lodo	0,18	m ³ /dia
Vazão de Reciclo	1.044,20	m ³ /dia
Nitrogênio Total	154,87	mg/L
Fósforo	7,00	mg/L

A relação F/M esteve dentro da faixa sugerida por Jordão (1977, apud MACIEL, 2002, p.90) assumindo o valor de 0,05 KgDBO/KgSSV.dia. Mantendo uma adequada relação F/M consegue-se atingir elevadas remoções de DBO e uma boa decantabilidade do lodo. Foi encontrada uma relação SS/SSV de 47,62% abaixo do recomendado por Class (2007) que deve estar entre 70% e 90%. Para elevar esta relação, é preciso que se aumente a quantidade dos SSV, o que será conseguido com o aumento da idade do lodo no sistema.

A idade do lodo obtida de 8 dias esteve bem abaixo do recomendado por Von Sperling (1997). A idade lodo mede o tempo em dias em que os microrganismos que permanecem no sistema, sendo que esse tempo deve ser o suficiente para degradar a matéria orgânica. Conforme o resultado verificado, esse lodo jovem não tem condições de degradar a matéria orgânica.

O bom funcionamento do reator biológico está diretamente relacionado com atividade dos microrganismos que para acontecer adequadamente depende de diversas condições e parâmetros de controle associados ao sistema de lodos ativados. Um desses parâmetros é o excesso de lodo no sistema que deve ser descartado para manter o sistema equilibrado, ou seja, deve ser removida a quantidade ideal para que a biomassa presente no reator não reduza a ponto de resultar em um efluente com elevada DBO e nem se eleve a ponto de reduzir a relação alimento/microrganismos.

Com os resultados das análises realizadas em janeiro de 2014, chegou-se a um valor de excesso de lodo de 0,18 m³/dia abaixo do estabelecido nos parâmetros de projeto que foi de 132, 00 m³/dia. Essa discrepância de valores se deve ao fato de a idade do lodo também não estar condizente com os parâmetros de projeto, já que a mesma faz parte do cálculo para obtenção do excesso de lodo. O valor reduzido também se justifica pelo fato de que antes da análise houve a necessidade da limpeza do decantador secundário onde foi necessária toda a retirada do lodo presente no mesmo,

reduzindo a biomassa de recirculação trazendo como consequência a necessidade de manter o lodo no sistema sem ser descartada a quantidade de projeto, o que também gerou a pouca idade do lodo.

Para corrigir a idade do lodo deixando-a, dentro da faixa indicada, recomenda-se que diminua ou cesse o descarte do lodo em excesso para que a mesma se eleve. A vazão de reciclo obtida de 1.044,20 m³/dia esteve próxima da recomendada pelo valor de projeto que é de 1.566,7 m³/dia. Isso pode acontecer devido a problemas no sistema de reciclo, no qual devem ser verificadas bombas e tubulações para corrigir possíveis defeitos.

A partir dos valores de nitrogênio e fósforo encontrados, comparou-se estes com a proporção de DBO:N:P recomendada por Claas (2007) que é de 100:5:1. Notou-se que o nitrogênio está em excesso no reator biológico e que há uma deficiência de fósforo no sistema o que pode ser prejudicial ao desenvolvimento microbiano, porém a eficiência do sistema não está sendo comprometida por esses fatores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as análises realizadas para elaboração deste trabalho, foi possível chegar a algumas conclusões referentes ao sistema de lodo ativado do curtume. A eficiência média total de remoção de DQO do tratamento de efluentes do curtume foi de 92,45% para o período verificado. Já a eficiência média total de remoção de DBO foi de 92,51%. Esses valores demonstram que o sistema está atuando satisfatoriamente para a remoção da carga poluidora do efluente. Os valores médios obtidos para pH, temperatura e oxigênio dissolvido, estiveram dentro do recomendado pelos autores outrora citados. É importante que esse fato seja mantido, pois são parâmetros de controle determinantes para o perfeito funcionamento do sistema de lodo ativado. Para os demais parâmetros de controle de lodos ativados, foi obtido um índice volumétrico de lodo e uma relação F/M dentro do sugerido pelos autores.

Já a relação SS/SSV e a idade do lodo estiveram abaixo do aconselhado pelos autores, para que ambos atinjam a faixa de valor ideal propõe-se que o descarte de lodo seja cessado ou diminuído. Após a correção da idade do lodo, a vazão de descarte de lodo diária estabelecida em projeto poderá ser obedecida. A vazão de reciclo está um pouco abaixo do instruído no projeto, é necessário que se verifique todo o sistema de reciclo a fim de acertar o volume de correto.

Aconselha-se a dosagem de ácido fosfórico para elevar a quantidade de fósforo presente no reator. Como complemento para o monitoramento do sistema de lodo ativado, indica-se a realização da análise da microbiologia do lodo, pois as bactérias e demais microrganismos presentes nele são responsáveis pela depuração da matéria orgânica.

Conhecer a população microbiana do meio ajudaria inclusive a melhorar a remoção do nitrogênio, estabilizando-o em condições normais requeridas no sistema. Sabendo-se da composição do lodo, o sistema pode ser mais facilmente controlado e medidas preventivas ou corretivas podem ser tomadas mais agilmente quando necessário, considerando que algumas espécies de microrganismos podem ser prejudiciais ao sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projetos de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 1992. BRAGA, Benedito et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2^a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 15 ago. 2013.
3. CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL. Exportações brasileiras de couros e peles. Disponível em: <<http://www.cicb.org.br/wp-content/uploads/2013/10/TOTAL-RED-SET13.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013. CLAAS, Isabel Cristina. Lodos ativados: Princípios teóricos fundamentais, operação e controle. Porto Alegre: Evangraf, 2007.
4. CUNHA, Adriana Marquez da. Relatório de acompanhamento setorial: Indústria de couro. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2011. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Couro_Relat%C3%B3rio%20de%20Acompanhamento%20Setorial_mar%C3%A7o2011_vers%C3%A3o%20eletr%C3%B4nica.pdf%20copy.pdf>. Acesso em: 12 set. 2013.
5. FILHO, Heraldo Antunes Silva. Nitrificação em sistema de lodo ativado. Campina Grande, 2009. Dissertação (Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária) – Universidade de Federal de Campina Grande, 2009.

6. JORDÃO, E.P., et al. Controle microbiológico na operação de um sistema de lodos ativados – estudo em escala piloto. In 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
7. MACIEL, Cristiane Boff. Microbiologia de lodos ativados da empresa Fras-Le. Caxias do Sul, 2002. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade de Caxias do Sul, 2002.
8. MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº01, de 05 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 15 ago. 2013.
9. NUVOLARI, Ariovaldo et al. Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. SAWYER, C.N., Mc CARTY, p.l. (1978). Chemistry for environmental engineering. 3ª ed. New York, McGraw-Hill, Inc. 532p.
10. SOUZA, Carla Núbia de. Tratamento primário de efluentes brutos de curtume quimicamente aprimorado por sedimentação. Campo Grande, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.
11. UBERLÂNDIA (MG). Decreto nº 13.481 de 22 de junho de 2012. Dispõe sobre o programa de recebimento de efluentes não domésticos do município de Uberlândia-MG – PREMEND. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/5646.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013.
12. VON SPERLING, Marcus. Lodos ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.
13. _____. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
14. _____ et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: Aspectos metodológicos. Belo Horizonte: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-5.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2014.