

II-327 - OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NA OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

Rodrigo Alves⁽¹⁾

Engenheiro Químico pelas Faculdades Oswaldo Cruz (FOC). Técnico em Química pela escola MetaNew. Encarregado de Tratamento de Esgoto da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana da Sabesp.

José Batista do Nascimento⁽²⁾

Técnico em Química formado pela escola Liceu Braz Cubas. Técnico em Sistemas de Saneamento de Tratamento de Esgoto da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana da Sabesp.

Endereço⁽¹⁾: Rua Antônio La Giudice, 972 – Jardim Aricanduva – São Paulo – SP - CEP: 03454-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 2037-4215 - e-mail: rodrigoalves@sabesp.com.br.

RESUMO

O presente trabalho descreve os estudos realizados no processo, em vista atender a legislação de qualidade dos produtos finais de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) cujo processo de tratamento é por lodo ativado por alimentação escalonada e em nível secundário, com vazão de projeto de 1500 L/s, com grau de eficiência de 90% de remoção de carga orgânica medida em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), 90% do volume de esgotos oriundo de domicílios e 10% de indústrias.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgotos, otimização, lodos ativados, instabilidade no tratamento.

INTRODUÇÃO

Com a necessidade cada vez mais crescente das organizações melhorarem seus resultados, medidos através de indicadores, sem aumento de custo, levou-se a um estudo detalhado da operacionalidade da planta adotando critérios de controle através de seu projeto operacional alinhados com os parâmetros de acompanhamento de tratamento de esgotos.

Segundo LEITE (2016) a otimização pode ser definida como a interação sinérgica entre as diferentes atividades que são desempenhadas por uma empresa, levando em conta os diferentes departamentos, pessoas e procedimentos que são envolvidos nesse contexto. A identificação dos processos permite conhecer, por exemplo:

- atividades que agregam e geram valor para seus clientes;
- consumo de recursos humanos e financeiros nas atividades organizacionais e
- eventuais gargalos ou pontos de atenção em relação a um departamento ou colaborador.

O problema de instabilidade no tratamento de esgotos pode acarretar o descumprimento da legislação ou perder qualidade do efluente final e da água de reúso e conseqüentemente aos indicadores de desempenho de processo.

Esses são fatores que impactam diretamente, na legislação e nos indicadores de desempenho que medem a eficiência do tratamento, como por exemplo, o Índice de Conformidade do Efluente Final (ICEF) que tem como um dos seus parâmetros DBO do efluente final da estação de acordo com o Decreto Estadual 8.468, caso esteja desconforme com a legislação afeta o corpo receptor, sociedade, meio ambiente, dentre outros direta e/ou indiretamente.

Sendo que uma ETE é inspecionada por órgãos fiscalizadores (CETESB/ARSESP) e caso seja detectada não conformidade pode incidir em multas, sanções, perda de licença de operação, entre outras conseqüências.

Este trabalho possui os seguintes objetivos:

- estabilizar o tratamento através do controle de processo;
- otimizar o número de manobras operacionais corretivas;
- otimizar o consumo de energia elétrica;
- otimizar o consumo de produto químico (hipoclorito de sódio na água de reúso);
- reduzir intermitências na de perda de qualidade no efluente final e
- melhorar a qualidade e disponibilidade da água de reúso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Numa das reuniões mensais de análise crítica, onde são analisados os indicadores de desempenho, foi usada a ferramenta da qualidade conhecida como Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe para avaliação do problema de acúmulo de massa nas unidades de tratamento, o que gerava instabilidade no processo (Figura 1).

Foram estudadas as ocorrências de não conformidades registradas no sistema DocAction – Programa de Acompanhamento de Ação Corretiva.

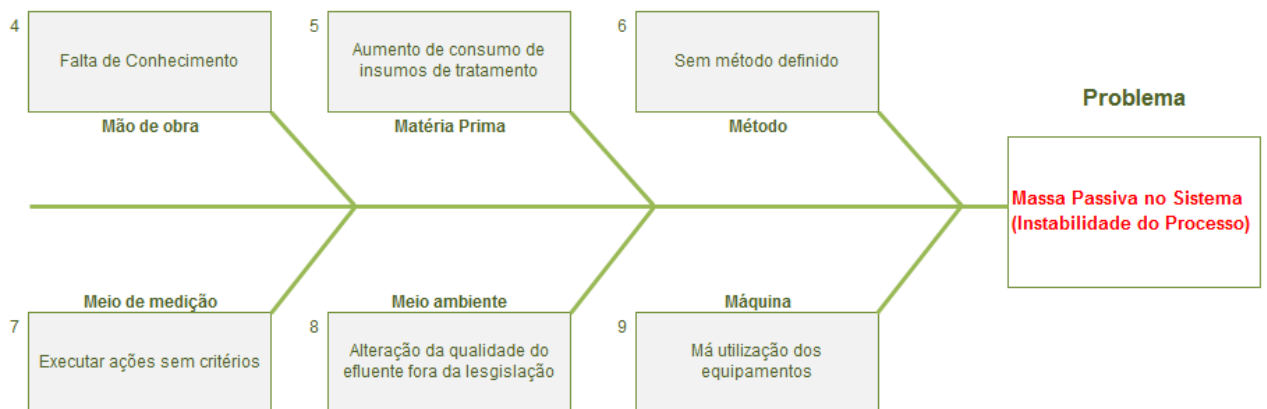


Figura 1 – Diagrama de Ishikawa.

Conforme JORDÃO & PESSÔA (2014), através do Balanço de Massa é considerado o aspecto dinâmico das vazões encaminhadas às diversas etapas da ETE, com visão de um todo, o inter-relacionamento entre estas diversas etapas, a distribuição das cargas ao longo do tratamento envolvendo os pontos de entrada e saída, recirculações, até que o último aporte de conteúdo recirculado possa ser desprezado.

Foi utilizada a ferramenta de Balanço de Massa para verificar a eficiência das unidades operacionais. Foi considerado o período de avaliação de setembro a outubro de 2015 (Figura 2) para obter uma configuração mais precisa da situação do tratamento em relação à produção de massa gerada pelo volume de esgoto afluente a ETE.

Realizando a interação dos dados obteve-se o total de 66 Ton/dia de produção de lodo desaguado enquanto eram retirados do sistema 42 Ton/dia em base úmida e este déficit ocasiona várias consequências ao tratamento até sua instabilidade promovida pela falta do controle operacional.

Além disto, o balanço de massa previne problemas operacionais, pois podemos inserir dados obtidos da planta e realizar a interação deles com o sistema realizando de tal forma que caso tomemos alguma ação em relação às unidades, descartes, volume de lodo, taxa de recirculação, entre outros, possibilitarão enxergar o comportamento do sistema.

A facilidade na operação da ETE proporciona aos operadores o alcance das eficiências definidas em projeto e os objetivos de desempenho.

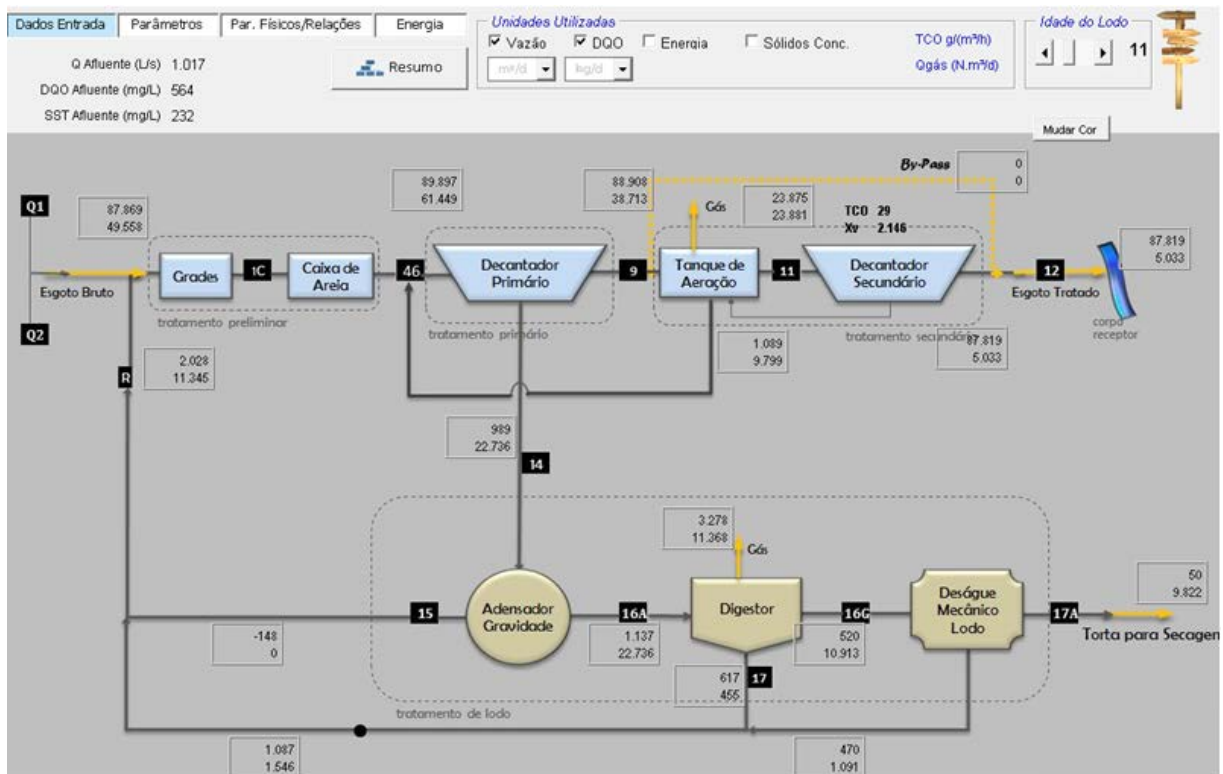


Figura 2 – Ferramenta de Balanço de Massa da ETE.

As consequências da falta de retirada de massa do sistema de tratamento baseado nos parâmetros de projeto acabam resultando na instabilidade do processo pelo fato de estar acima do recomendado para os principais parâmetros: DBO, SST (Sólidos Suspensos Totais) do tanque de aeração e lodo de retorno, ST (Sólidos Totais), SST (Sólidos Suspensos Totais), SSV (Sólidos Suspensos Voláteis), DQO (Demanda Química de Oxigênio) pH, Turbidez, Óleos e Graxas.

Na Figura 3 é demonstrada a configuração das etapas como Decantadores Primários (DPs), Tanques de Aeração (TAs) e Decantadores Secundários (DSs) em relação à massa presente e o que deveria estar (em toneladas) e a diferença entre as duas é chamada de passivo ao tratamento.

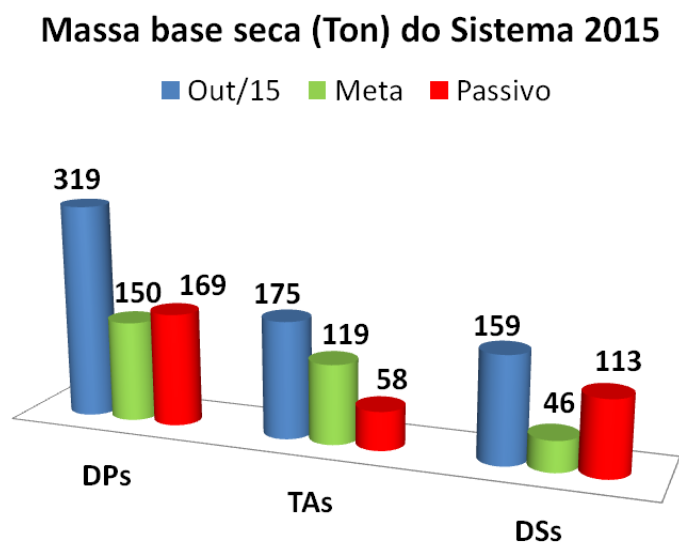


Figura 3 – Quantidade de Massa nas etapas do tratamento (Toneladas).

Segundo LEITE (2016) nada adianta reconhecer a necessidade de ajuste em alguns processos se seus profissionais não estão capacitados para realizar as melhorias necessárias. Empresas de sucesso investem em mão de obra qualificada e, constantemente em treinamento para expandir os horizontes de seus colaboradores, já que o investimento no conhecimento vai trazer melhoria dos processos e impacto positivo nos resultados da empresa. É preciso motivar a equipe demonstrando que todos fazem parte da empresa.

Informação padronizada a todas as equipes operacionais garantiu o bom funcionamento do modelo proposto. As reuniões de avaliação das etapas do projeto, acompanhamento e divulgação dos resultados motivaram todos os envolvidos.

O procedimento inclui de forma prática a atividade citada, como realizar a atividade de forma sucinta e objetiva e definida em duas colunas de acordo com o monitoramento realizado em “O que fazer?” e o “Como Fazer” demonstrado na Figura 4.

Atividade – 3	Controle de manto primário e concentração de sólidos – ST (%)
Para realizar a medição do nível de manto de lodo dos decantadores primários, utilizar os amostradores lineares de manto (varas de medição) disponíveis na unidade. Para uma medição mais precisa e coerente o tempo de descida da vara deve ser em torno de 1 metro a cada 10 segundos.	
Sugere-se trabalhar com o nível de <i>manto de lodo em até 150 cm</i> . Para tanto, manter a concentração de sólidos totais entre 2,5% a 6,0% (faixa ideal = 4,0% a 6,0%), conforme condições abaixo:	
O QUE FAZER	COMO FAZER
<i>Manto >150 cm e conc. > 2,5%</i>	Descartar o lodo do <i>decantador primário</i> de acordo com as orientações de processo considerando o volume de referência de <i>250 m³/turno</i> , sendo que a cada alteração irá ser atualizada a orientação pelo encarregado de operação.
<i>Manto >150 cm e concentração < 2,5%</i>	Reduzir a alimentação do decantador primário, através das comportas de alimentação.

Figura 4 – Procedimento para controle de manto de lodo nos DPs.

Logo, após a identificação do cenário do tratamento havia a necessidade da verificação de como o sistema se comporta, desde sua fase preliminar até o término do tratamento das fases líquida e sólida e o que pode ser melhorado, ou até mesmo retornar a conceitos operacionais esquecidos ao longo do tempo, conforme apresentado na Tabela 1.

O aspecto crítico relativo ao desempenho das estações de tratamento é a própria rotina de operação e o acompanhamento técnico do processo de que dispõe o operador, seja por seus conhecimentos de processo, seja em relação à modernidade ou à disponibilidade dos instrumentos e equipamentos de laboratório e controle.

Tabela 1: Comparativo entre o contexto operacional (diagnóstico) e suas consequências ao tratamento

CONTEXTO	CONSEQUÊNCIA
Bomba da elevatória final operando em regime não linear - batelada	Para o interceptor: Acúmulo de material arenoso/matéria orgânica; Para os DPs: Aumento da DBO particulada, matéria orgânica no estado anaeróbio (geração de camada de espuma, odor desagradável) e alta concentração de sulfeto (elevado consumo de energia elétrica nos TAs);
Manto de lodo alto nos DPs (acima de 3,0 m)	Para os TAs: Arraste de lodo com alta concentração de SST e sulfeto resultando em má formação de floco e alto consumo de energia elétrica;
Operando com o <i>By-pass</i> dos DPs aberto (alimentação direta de esgoto bruto para os TAs)	Falta de controle da Idade do Lodo e a relação Alimento/Microrganismo (A/M) e ainda aumento do consumo de energia elétrica;
Massa dos TAs elevada (acima de 5000 mgSST/L)	Para os DSs: Taxa de aplicação acima de projeto; Manto de lodo alto e Instabilidade da qualidade do efluente final.
Manto de lodo alto nos DSs (acima de 2,4 m)	Instabilidade da qualidade do efluente final Má qualidade da água de reúso; Consumo excessivo de hipoclorito de sódio e Frequentes manobras operacionais corretivas.

Alinhado às diretrizes estratégicas na excelência na prestação de serviços, sustentabilidade, de tratar todo esgoto recebido com eficiência e qualidade requerida e prestar serviços de saneamento, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida do meio ambiente, foram utilizados para controle de processo os parâmetros de projeto, a melhoria da eficiência de cada unidade operacional, o aumento do conhecimento técnico no desempenho da unidade de desidratação mecânica de lodo, a correção de manobras operacionais e fundamentalmente, o repasse das necessidades às equipes operacionais em formato de reuniões e feedbacks rotineiros apresentados abaixo:

- definir as diretrizes e cumprir os procedimentos operacionais com alinhamento das equipes;
- adotar o descarte hidráulico de lodo ativado (TAs para DPs) e controlar a Idade do Lodo;
- realizar a alimentação das unidades da fase sólida continuamente ou no menor intervalo e
- aumentar o conhecimento das equipes no controle da desidratação mecânica de lodo.

Existem manobras operacionais que se não tomadas ocasionam descontrole do sistema de tratamento, com variadas consequências, como acúmulo de massa nas unidades, por exemplo.

No tratamento, o decantador primário que tem como altura útil 3,5 m, estava com manto de lodo de 3,2m de altura e é inevitável que haja perda de sólidos e carregamento de lodo primário para os tanques de aeração, cujo oxigênio dissolvido será rapidamente consumido, prejudicando a formação do floco biológico. Esta má formação do floco será prejudicial no decantador secundário, fase seguinte ao tanque de aeração e última unidade antes do lançamento no corpo receptor e encaminhamento de efluente tratado para o sistema de produção de água de reúso.

O efluente final com perda de sólidos prejudica também esta produção de água de reúso, pelo fato de comprometer os filtros da unidade de tratamento de reúso e também pelo aumento no consumo de produto químico, cerca de R\$ 11.500/mês de hipoclorito de sódio, usado para oxidar a matéria orgânica.

A perda de sólidos no decantador secundário exige que se aumente o fornecimento de ar nos tanques de aeração e isto também aumenta o consumo de energia elétrica que está em torno de R\$ 400.000,00/mês, além de possíveis multas das agências reguladoras.

O excesso de massa no sistema afeta também o tratamento na fase sólida, etapa em que o lodo biológico passa por digestores anaeróbios e filtros-prensa. Todos estes fatores aumentam o desgaste dos equipamentos e também a exige sobrecarga de trabalho dos funcionários, pela força física necessária no processo de desaguamento do lodo.

Segurança e ergonomia também devem ser levadas em conta. As diretrizes estratégicas menciona a excelência na prestação de serviços, sustentabilidade, de tratar todo esgoto recebido com eficiência e qualidade requerida e prestar serviços de saneamento, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida do meio ambiente, demonstrando as consequências da baixa eficiência no tratamento como mencionado na Tabela 1.

RESULTADOS OBTIDOS

Com as melhorias no controle e acompanhamento da operação da planta, foi possível atingir os objetivos propostos de estabilizar o tratamento através do controle de processo; otimizar o número de manobras operacionais corretivas; otimizar o consumo de energia elétrica; otimizar o consumo de produto químico (hipoclorito de sódio na água de reúso); reduzir intermitências na perda de qualidade no efluente final e melhorar a qualidade e disponibilidade da água de reúso.

Adotando estas premissas, o cenário do tratamento é demonstrado através da Figura 5, onde são mostrados alguns parâmetros de controle, tais como o manto de lodo nos DPs e DSs que através do controle da Idade do Lodo e concentração de sólidos dos lodos excedente e primário, alinhados com a disponibilidade da fase sólida foi possível reduzir os mantos de 3,2 m para 0,5 m nos DPs e de 2,4 m para 0,2 m nos DSs. E neste controle também nota-se a redução de sólidos nos TAs de 5163 mgSST/L para 1600 mgSST/L que tem como consequência a redução na taxa de aplicação de sólidos nos DSs.

• Evolução do Sistema

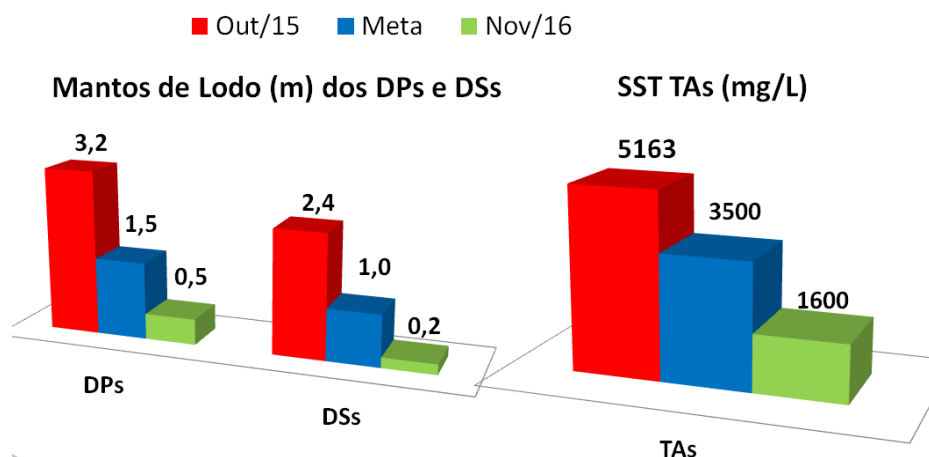


Figura 5 – Alturas dos mantos de lodo e Biomassa dos TAs.

O aumento de conhecimento técnico com o desempenho da desidratação mecânica de lodo resultou em uma produção de 53 Ton/dia de lodo desaguado no período nov/15 à out/16 comprovando a riqueza de resultados positivos quando somados o conhecimento e o comprometimento do corpo profissional, tendo como comparativo o período anterior jan/14 à out/15 com produção de 38 Ton/dia lodo desaguado.

Com esses controles no processo de tratamento das fases líquida e sólida foi possível diminuir a taxa de recirculação dos tanques de aeração (vazão de recirculação de lodo ativado pela vazão afluente ao tanque) dos 120% anteriores para cerca de 80% atuais.

Tendo como resultado a expressiva remoção de DBO do efluente final (Figura 6) que será destinado no corpo receptor. Como demonstrada na Figura 4, a DBO, por várias vezes teve como resultado um dígito (6 mg/L) ao longo do ano de 2016. Sendo a legislação aplicável ao corpo receptor o Decreto 8.468 Art. 18 para rio classe 4 que determina 60 mgDBO/L ou remoção de no mínimo 80%.

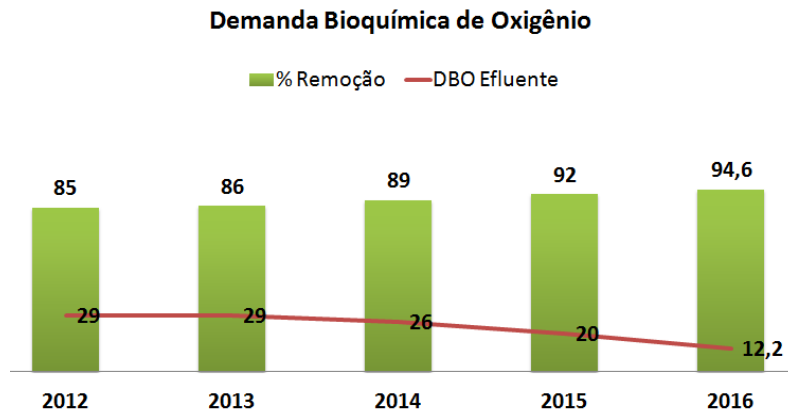


Figura 6 – Resultados de DBO ao longo dos anos (mgDBO/L).

A qualidade do efluente no tratamento primário do DP demonstrando as características visuais a princípio da camada superficial e a cor escura de como se encontrava antes o efluente primário, no qual nas características físico-químicas a presença elevada de sulfeto, DBO particulada, OG, dentre outros que necessitam de maior consumo de oxigênio para metabolizar a matéria orgânica, afetando na estrutura do floco e conseqüentemente a perda no efluente final, em contrapartida afeta os indicadores de desempenho mencionados na introdução deste trabalho.

E o efluente final demonstrada na Figura 7, anteriormente este arraste de sólidos afeta na qualidade da água de reúso devendo utilizar maior quantidade de produto químico e a possibilidade da desconformidade com a legislação em contrapartida afeta os indicadores de desempenho mencionados na introdução deste trabalho.

E posteriormente a qualidade ótima do efluente final proporciona uma otimização de recursos, proporcionando vida ao meio ambiente, além de atendermos com eficiência e qualidade do tratamento, utilizando os mesmos equipamentos e pessoas para obter resultados expressivos.



Figura 7 – Visualização do Efluente Final da ETE.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Além das benfeitorias conquistadas através do controle e acompanhamento de processo do tratamento (fases líquida e sólida) estes resultados podem ser expressos em números, demonstrando que a busca pela otimização e melhoria contínua são possíveis.

Com a redução na taxa de recirculação houve uma economia de R\$ 213.000,00/ano em relação ao consumo de energia elétrica da estação que otimizou em 46.672 kWh/mês. A estabilidade na quantidade de oxigênio fornecida para os TAs para o metabolismo dos organismos.

O controle dos mantos dos DPs e DSs tendo como tratar vazões de pico até 2600 L/s sem prejuízo ao tratamento ou ao corpo receptor. A quantidade de matéria orgânica expressa em DBO do efluente final reduziu 18.300 kgDBO/dia de lançamento para o rio.

Com a melhoria na qualidade do efluente final para produção de água de reúso utilizada para selagem de equipamentos e utilização interna na estação, além do fornecimento via caminhão, houve uma economia de R\$ 138.938,40/ano em relação ao consumo de hipoclorito de sódio (NaClO) na produção de água de reúso pelo fato de ter menos sólidos.

A população microbológica do sistema permaneceu com características excelentes com presença de importantes grupos como rotíferos, ciliados fixos e livres natantes e de tardígrados.

Na Figura 8 é possível verificar a retirada de sólidos presentes nas etapas e considerados passivos do tratamento, tornando estável e com possibilidade de realizar manutenções preventivas nos equipamentos operacionais e/ou reparos civil sem afetar o processo.

Massa do Sistema 2016

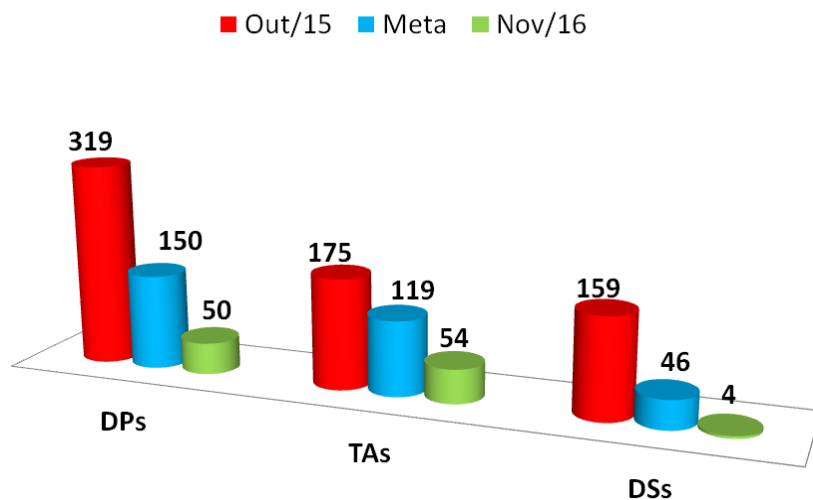


Figura 8 – Massa das etapas do tratamento (Toneladas).

Os benefícios intangíveis com esta solução aos problemas apresentados começam pela segurança do empregado que tem que realizar poucas manobras operacionais, sendo assim a diminuição de esforços ergonômicos para execução de tais atividades, por conta da estabilidade do tratamento.

Possibilidade de realizar manutenções preventivas nos equipamentos operacionais e/ou reparos civil sem afetar o processo.

A otimização no consumo de energia elétrica demonstra que foi economizado um valor que alimentaria 290 residências, considerando um consumo médio residencial de 161,8 kWh/mês que por sua vez representa 12.000 pessoas por ano.

A qualidade do efluente final proporciona uma melhor água de reúso para uso interno e externo.

A qualidade do efluente final ao corpo receptor tem representatividade muito rica, pois há presença de muitos peixes no Rio Tietê donde sai o efluente final da estação conforme Figura 10 (diferença de tonalidade entre o efluente final da estação e o rio).



Figura 9 – Imagem da saída do efluente final no Rio Tietê.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Existe hoje uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos esgotos, e suas consequências sobre o meio ambiente e também sobre a qualidade das águas e seus benefícios. Hoje em dia, este é um assunto que chama a atenção não apenas dos engenheiros, especialistas e técnicos, mas igualmente das organizações ambientalistas e da sociedade civil.

Tendo em conta este aspecto, os estudos, critérios, projetos, relativos ao tratamento e à disposição final dos esgotos, deverão ser precedidos de cuidados especiais que garantam o afastamento adequado dos esgotos, e igualmente a manutenção e melhoria dos usos e da qualidade dos corpos receptores. E sendo possível conseguir melhores resultados de uma planta convencional utilizando-o conhecimento e interação entre a força de trabalho.

Sociedade: Qualidade do efluente final lançado nos corpos d'água, preservação do meio ambiente com a redução de utilização de produtos químicos e energia elétrica.

Acionistas: redução de custos com manutenção, redução dos riscos de não atendimento legal (evitar penalizações, multas, entre outros), economia financeira com redução de utilização de produtos químicos e energia elétrica. Confiabilidade no sistema e atendimento legal proporciona melhor imagem da Companhia perante a sociedade.

Fornecedores: melhorou transporte de lodo pela característica adequada para transporte.

Clientes: melhora na qualidade do produto final fornecido (água de reúso).

ARSESP/CETESB: disponibilidade de equipamentos, melhora no tratamento de esgoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A.; Tratamento de Esgotos domésticos. 7.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.
2. LEITE, M. Como a otimização de processos pode melhorar a rotina da empresa. Blog Soluções de Gestão Artsoft Sistemas. Brasil. 20 de abril de 2016. Disponível em: <<http://www.artsoftsistemas.com.br/blog/como-a-otimizacao-de-processos-pode-melhorar-a-rotina-da-empresa>> Acesso em 04 jan 2017.
3. SÃO PAULO. Decreto n.º 8468, de 8 de setembro de 1976, Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Lex: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.