

A BUSCA DA EXCELÊNCIA NA GESTÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM FÁBRICA INTEGRADA DE CELULOSE E PAPEL.

Alberto Carvalho O. Filho – Suzano Papel e Celulose – Mucuri – Brasil

Sérgio Barbosa S. Júnior - Suzano Papel e Celulose – Mucuri – Brasil

José Carlos Pereira de Souza - Suzano Papel e Celulose – Mucuri – Brasil

José Eduardo Araújo - Suzano Papel e Celulose – Mucuri – Brasil

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de gestão com foco em práticas ambientais sustentáveis para melhoria da performance ambiental. Trata-se do desenvolvimento e aplicação de Ferramentas de Gestão, através da implantação de monitoramentos em todas as etapas do processo, além da conscientização das equipes de operação. Utilizando-se as variáveis de controle monitoradas é possível prever a eficiência da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), sistema de importância fundamental para a garantia da estabilidade da produção. A predição de cargas orgânicas no final do tratamento pode ser estimada com até cinco dias de antecedência, propiciando tomadas de ações nas etapas do processo evitando-se, desta forma, impactos ambientais significativos no corpo receptor. Com a melhoria do sistema de tratamento dos efluentes gerados, garante-se um ganho significativo de performance ambiental, evitando-se perdas de produção e contribuindo para a sustentabilidade do empreendimento.

Palavras-chave: Performance ETE, Ferramentas de Gestão, Monitoramento Preditivo.

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento é um processo focado em resultados, tornando-se a missão geral de qualquer organização, para satisfazer as necessidades do ser humano. A satisfação destas necessidades é o objetivo de qualquer organização, privada ou pública. O grande desafio das organizações humanas está em superar as dificuldades de cumprir esta missão.

Existem cinco grupos de pessoas que estão nos objetivos de qualquer organização e são denominadas de “*stakeholders*” ou partes interessadas; Clientes, Empregados, Fornecedores, Acionistas e Sociedade. A sobrevivência ao longo prazo de um empreendimento é garantida pela

satisfação simultânea das necessidades destas partes interessadas. Com base nesta premissa a organização vem, ao longo destes anos, desenvolvendo ações para melhoria contínua de seus processos produtivos e sua gestão com as partes interessadas de sua área de influência.

A aplicação de ferramentas de gestão e controle das variáveis ambientais em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), das indústrias em geral, tem sido uma prática que as grandes empresas estão buscando. A aplicação destas ferramentas visa incrementos e melhoria contínua dos sistemas de gestão ambiental englobando o tratamento de todo tipo de efluente gerado pelas empresas.

Um bom sistema de gerenciamento da ETE pode minimizar os efeitos poluidores aos corpos hídricos onde são lançados. As empresas tem a preocupação de manter a qualidade de seus efluentes a níveis abaixo da legislação ambiental vigente, estipulando padrões de controles internos que são mais exigentes que a própria legislação.

A melhoria contínua nos processos industriais já está inserida nas expectativas das partes interessadas, notadamente dos clientes e acionistas, uma vez que as questões ambientais tornaram-se fatores tão importantes quanto os custos de produção, pois ambos são impactantes no custo dos produtos finais, na saúde financeira e na própria sustentabilidade do negócio. As empresas poluidoras estão, cada vez mais, fadadas a fechar suas portas. Contaminar solo, água e ar significa além da poluição ambiental a perda de produtos ou insumos que impactam no custo de produção e também nos custos de tratamentos de seus efluentes e resíduos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição do Sistema de Tratamento de Efluentes da Unidade Mucuri

No processo de produção da Suzano Papel e Celulose - SPC, unidade de Mucuri, são gerados cerca de 5.500 m³/h de efluentes líquidos, que são encaminhados para uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. A ETE é composta por um tratamento preliminar constituído por gradeamento, tratamento primário através de decantação, adensamento e desidratação do lodo e por um tratamento secundário constituído por sistema de lagoas aeradas facultativas (fluxo de pistão) e um sistema de reatores em série – *MBBR – Moving Bed Biofilm Reactors* (fig.1), seguido por uma lagoa de polimento. Completa o sistema uma lagoa destinada para envio de efluentes que estejam fora dos parâmetros exigidos para o tratamento, denominada de lagoa de emergência. Nos reatores MBBR, os microrganismos que tratam o efluente, crescem fixados em um meio suporte móvel (*carrier*), formando um biofilme. Para manter os suportes suspensos no meio, é insuflado ar no sistema, através de compressores. Este biofilme produz intensa atividade biológica e alto tempo de retenção celular (*SRT – sludge retention time*) em volumes menores, aumentando a remoção de carga orgânica e carga nitrogenada.

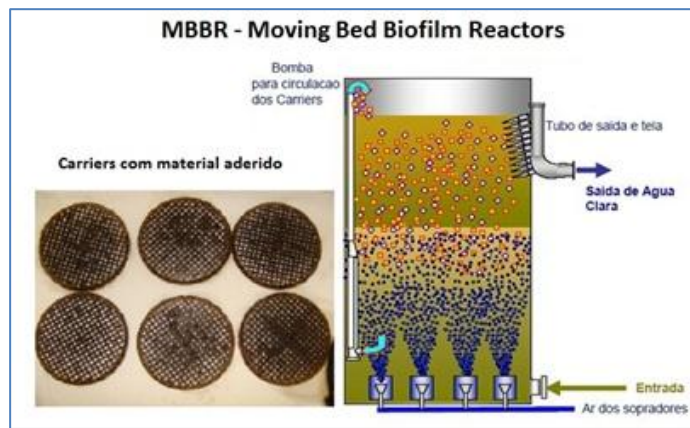


Figura 1 - MBBR - Moving Bed Biofilm Reactors.

Os efluentes gerados nas diversas áreas de produção são divididos em dois tipos:

- Alcalinos - Efluentes gerais ou alcalinos - compostos por todos os efluentes industriais das linhas de produção I e II e esgoto sanitário,
- Ácidos - Efluentes dos estágios ácidos dos branqueamentos das linhas I e II.

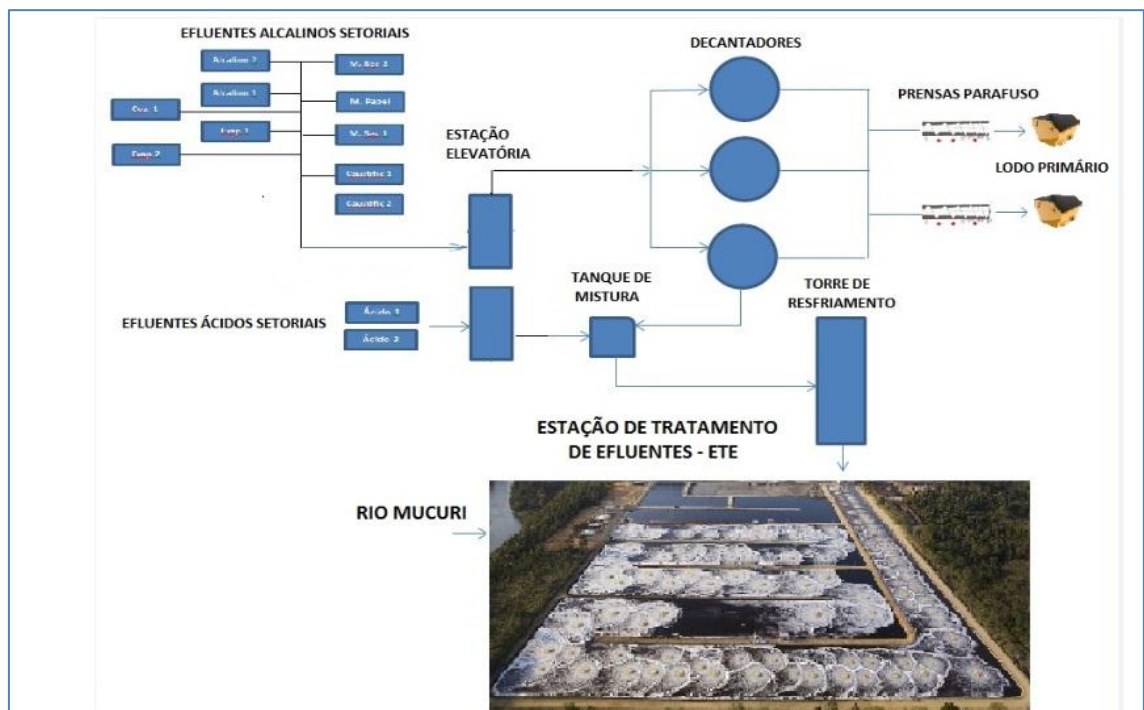


Figura 2 – Fluxograma Esquemático do sistema de Efluentes da Suzano – Mucuri

Os efluentes alcalinos passam pelo sistema de gradeamento para remoção de materiais e sólidos grosseiros e pelo tratamento primário para a remoção dos sólidos em suspensão. O sistema de tratamento primário é composto por três decantadores circulares, operando em paralelo. Todos os decantadores dispõem de pontes raspadoras com tração periférica e remoção central do lodo decantado. O lodo é retirado dos decantadores através de bombas centrífugas e a seguir, é enviado para dois adensadores (espressadores) circulares de lodo. A desidratação deste lodo é realizada por duas prensas desaguadoras, tipo “screwpress” e o material resultante, que possui uma consistência

média de 25 a 30%, são utilizados nas áreas de plantio de eucalipto, após passar por um processo de compostagem.

A mistura dos efluentes alcalinos (pH>10) e ácidos do branqueamento (pH <5) é realizada em um tanque de mistura, onde o pH final é acertado para uma faixa de 5 a 9, podendo requerer adição de ácido sulfúrico ou soda, a depender do processo. Depois de passar pelo tanque de mistura, o efluente com temperatura aproximada de 55~58 °C é encaminhado para uma torre de resfriamento com o objetivo de reduzir a temperatura para 38 a 40°C e a seguir é encaminhado para uma lagoa aerada facultativa, onde uma cultura mista de microrganismos metaboliza o substrato presente no efluente (fig.2).

A lagoa aerada é equipada com 135 aeradores superficiais de alta rotação. Os aeradores, além de fornecer o oxigênio necessário ao crescimento bacteriano, são também responsáveis pela manutenção da mistura da lagoa. A lagoa também é equipada com 8 ejetores de oxigênio “*Oxysaps*” que utilizam o oxigênio puro. O sistema absorve o oxigênio armazenado nos tanques, mistura com o efluente e injeta no interior da lagoa, aumentando assim a disponibilidade de oxigenação para o sistema de tratamento.

A lagoa foi projetada de maneira a proporcionar um fluxo hidráulico, tipo pistão (*plug-flow*) possuindo um comprimento útil de 3.443 m, largura na lâmina d'água igual a 67,6 m e profundidade útil de 3,5 m perfazendo um volume total aproximado de 730.000 m³. A lagoa aerada é seguida de uma lagoa de polimento que possui geometria em forma de “L” e volume útil aproximado de 65.000 m³ (ARAUJO, J.E, 2006).

A linha 1 iniciou a sua produção em 1992, com a partida da máquina de secagem de celulose e da fábrica de papel em 1993. Em 2007 foi construída a linha 2, ampliando a produção de celulose de 700.000 t/ano para 1.750.000 t/ano. Ao longo destes anos o sistema de tratamento de efluentes da SPC operou de maneira satisfatória apresentando desempenho excelente na remoção de matéria orgânica representados pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO e demanda química de oxigênio – DQO. Com a partida da 2ª linha de produção, houve um aumento significativo de carga orgânica dos efluentes e, conseqüentemente, maior dificuldade para tratamento desta carga adicional, considerando-se que a ETE não foi ampliada para absorver esta demanda e que o único incremento foi à implantação em série do Sistema de reatores MBBR (ARAUJO, J.E, 2006).

Durante o ano de 2010 houve reduções significativas de produção, para enquadramento da carga orgânica dos efluentes, devido ao baixo desempenho da estação de tratamento de efluentes.

2.2 Ferramentas de Gestão

Para garantir a eficiência do tratamento dos efluentes tornou-se necessário o desenvolvimento de algumas ferramentas de gestão através da implantação de um programa de monitoramento setorial abrangendo todas as etapas do processo. Estas ferramentas são constituídas pelo tratamento de dados através de gráficos de tendências, comparação com limites preestabelecidos e correlação com variáveis de cada processo, em um ambiente dinâmico e “*online*”. A principal diferença é que, as informações, dispostas de forma organizada, permite aos supervisores de processo tomar decisões com base nos resultados dos monitoramentos.

2.2.1 Monitoramento físico-químico dos efluentes

O monitoramento físico químico é realizado, principalmente, através de análises da DQO – demanda química de oxigênio medida em todas as fontes geradoras de carga no processo, tais como branqueamento, caustificação, recuperação, linha de fibras, máquinas de secagem e máquina de papel, além da ETE (entrada, interior e saída do sistema de tratamento). Realizado por uma equipe de analistas em regime de revezamento de turno, este monitoramento cobre o período de 24 horas por dia, através de amostras compostas diárias. Para cada setor foi estabelecido um limite de carga, expressa em kg/d de DQO. O analista emite um relatório diário, denominado Comunicado Ambiental, que é enviado por “E-mail” para um grupo constituído por operadores, especialistas e gerentes das diversas áreas da fábrica.

Estas informações permitem um acompanhamento das variações de carga dos efluentes e tomadas de ações imediatas no processo, para redução de carga dos efluentes, atuando diretamente nas fontes de geração. O acompanhamento deste monitoramento é realizado pela equipe de operação, analistas especializados e também pelo corpo gerencial.

Também foi construída uma tela operacional “online”, no Sistema “Plant Information – PI” (fig.3) e disponibilizada, em rede, para toda a área operacional. Nesse ambiente estão disponibilizadas as vazões, concentrações e cargas de cada efluente, expresso em kg/dia, com as respectivas contribuições de cada setor. Além dessas informações, a tela dispõe de informações relativas às condições operacionais, tais como: temperatura, condutividade, dosagem de químicos e outras variáveis de controle de processo. Estas informações “online” possibilitam ações imediatas, minimizando os impactos de cargas elevadas ou com características tóxicas no sistema de tratamento de efluentes.

MEIO AMBIENTE MONITORAMENTO DOS EFLUENTES														
		11.5.2011.	11.5.2011.	11.5.2011.	Dia	Limite			11.5.2011.	11.5.2011.	11.5.2011.	Dia	Limite	
Trend's ETE		00:00 - 06:00	06:00 - 16:00	16:00 - 24:00	Anterior				00:00 - 06:00	06:00 - 15:00	16:00 - 24:00	Anterior		
Enf. Lagoa Aerada	Vazão (m³/dia)	86.075	65.695	117.009	89.328	127.608	Sai. Lagoa Polimento		70.677	72.931	72.373	72.030	114.562	
	Conc. (mg/L)	253	685	609	609	1.200			622	639	635	635	460	
	Carga (kg/dia)	21.777	45.001	71.256	46.201	153.008			43.961	46.603	45.957	45.501	55.900	
Detalhamento - Conc. Coimento		Vazão (m³/dia)	980	2.182	581	1.230	2.377		586	15.994	21.317	12.127	27.452	
Cozimento - Linha 1	Conc. (mg/L)	2.187	735	2.152	1691	456	Ácido Branq. Linha 2		4.149	1.532	1.566	2.416	2.641	
	Carga (kg/dia)	2.142	1.804	1.250	2.110	1.083			2.432	23.890	33.383	4.927	67.000	
Detalhamento - Conc. - Branq. 1 e 2		Vazão (m³/dia)	95	215	2.504	773	13.725		182	2.493	3.650	3.659	7.262	
Ácido Branq. Linha 1	Conc. (mg/L)	2.979	2.069	2.703	2784	3.074	Alcal. Branq. Linha 2		90	2.531	1.670	1.433	3867	
	Carga (kg/dia)	282	573	6.931	2.667	42.190			16	6.311	6.429	836	22.274	
Detalhamento L. Filo 1 e 2 - Vazão		Vazão (m³/dia)	496	2.138	12.901	4.392	19.864	Evaporação - Linha 2		46	1.904	1.320	1320	359
Alcal. Branq. Linha 1	Conc. (mg/L)	77	112	327	172	1.292	Caustif. Linha 2			429	511	429	Calc Failed	211
	Carga (kg/dia)	38	239	4.219	133	26.648			2.074	2.371	3.316	2.492	2.676	
	Conc. (mg/L)	29	22	8	29	1.083		Máq. Celulose Linha 2		122	91	421	211	364
Evap. Linha 1	Conc. (mg/L)	525	181	327	353	506			253	216	1.396	547	938	
Detalhamento MCI e 2		Vazão (m³/dia)	9.452	10.459	13.216	10.259	8.968	Máq. de Papel		12.834	19.304	25.474	18.076	22.008
Máq. Celulose Linha 1	Conc. (mg/L)	60	77	67	66	106			64	119	308	164	164	
	Carga (kg/dia)	567	805	753	714	840			821	842	7.846	3.143	4.092	

Figura 3 - Tela Operacional “online” - PI, para acompanhamento das cargas setoriais.

2.2.2 Mapeamento do tempo de residência dos efluentes

Para preservar a eficiência da ETE é necessário atuar de forma preventiva, atuando diretamente nas fontes de geração dos efluentes, principalmente em casos de ocorrências ambientais e acidentes como derrames de licores de processo. Nestes casos a rapidez nas ações é um aspecto fundamental para evitar impactos adversos no sistema de tratamento de efluentes. Nesta linha de ação foram instalados condutivímetros na maioria das fontes potenciais de acidentes e também na estação elevatória que recebe todos os efluentes das linhas de produção. Foi realizado um mapeamento dos tempos de residência de cada efluente setorial (fig.4), do ponto de geração até a entrada da ETE. Este mapeamento foi realizado, pela equipe de analistas da área ambiental, com o uso de corantes e da determinação do tempo até a entrada do tratamento, medido com auxílio de um cronômetro.

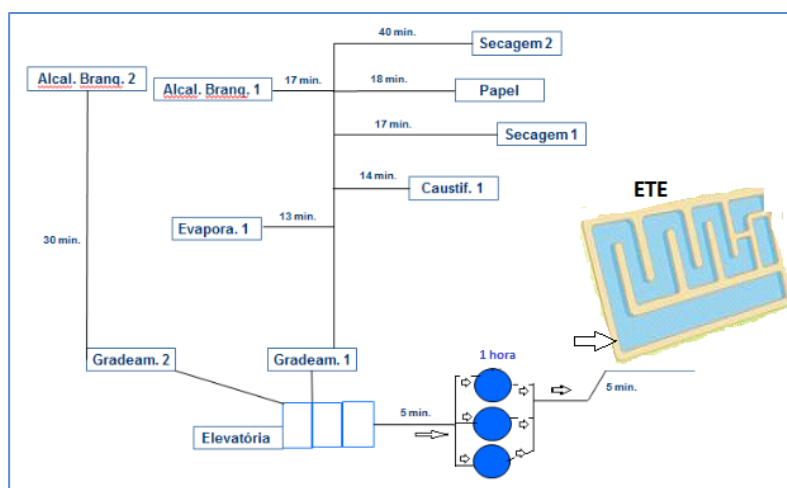


Figura 4 – Tempos de residência dos efluentes setoriais até ETE

2.2.3 Definição dos pontos de amostragem da ETE

Para sistematizar o programa de monitoramento, a lagoa aerada foi mapeada em pontos de monitoramento, conforme descrito na figura 5.



Figura 5 – Pontos de monitoramento da ETE

Estes pontos de amostragem servem de base para os programas de monitoramento físico-químico e biológico da ETE.

2.2.4 Monitoramento preditivo de cargas na saída da ETE

Através do monitoramento da DQO na entrada da lagoa aerada foi desenvolvido um modelo matemático que considerou a desempenho global do sistema quanto às variáveis, DQO e TRH – tempo de retenção hidráulica da ETE. O TRH total do sistema de tratamento é de, aproximadamente, 5 dias considerando-se a entrada dos efluentes no sistema de aeração e uma vazão média de 5.500 m³/h. A predição da DQO é realizada com base na concentração de DQO da entrada e na vazão média do efluente de entrada, durante o dia. Trata-se de um modelo bivariado que considera os parâmetros DQO (mg/L) e Q (m³/d) na entrada da ETE para estimativa da DQO (mg/L) de saída do tratamento com 5 dias de antecedência. Na montagem do modelo considera-se o tempo de retenção de 5 dias, desta forma utilizando-se dados históricos do tratamento, correlaciona-se os parâmetros de entrada (DQO, Q) com a DQO de saída após 5 dias. A equação genérica está descrita abaixo:

$$DQO (saída_{5d}) = F(DQO_{ent}; Q_{ent}).$$

Este modelo foi desenvolvido a partir de dados históricos reais, do monitoramento de seis meses. Desta forma a performance da ETE neste período já contempla eventuais distúrbios e pequenas paradas operacionais. A partir da implantação do monitoramento preditivo, a gestão das cargas a serem lançadas no corpo receptor passou a ganhar previsibilidade, propiciando a tomada de ações para evitar possíveis impactos adversos ao meio ambiente (fig.6). A área em destaque na figura 6 representa a projeção futura da concentração de DQO na saída do tratamento.

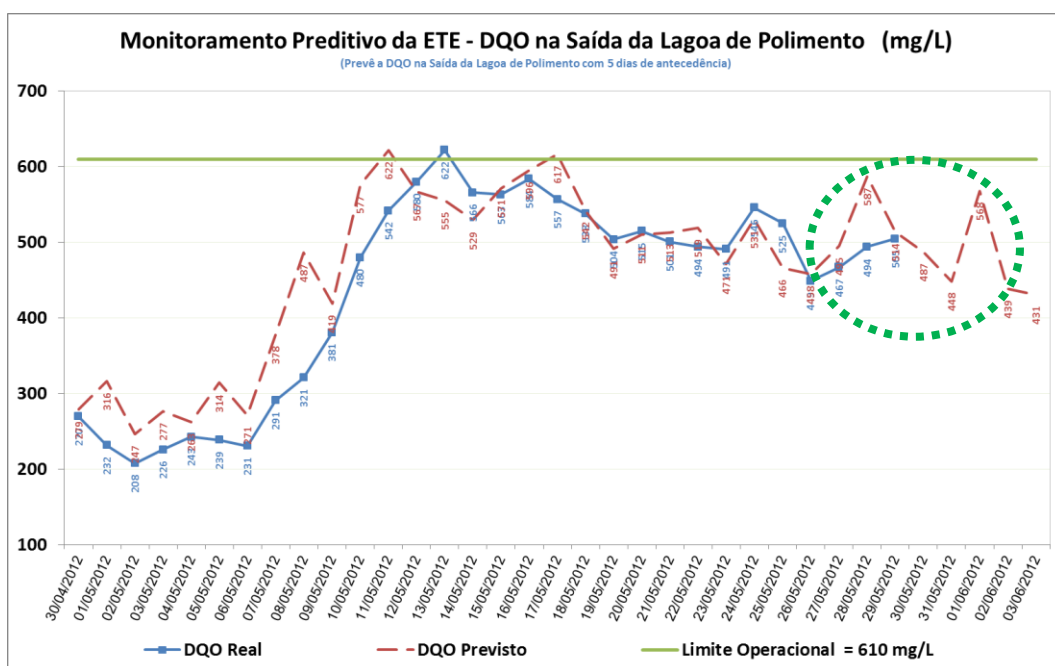


Figura 6 - Monitoramento preditivo de DQO

2.2.5 Monitoramento da toxicidade aguda dos efluentes

Toxicidade é a resposta de um organismo a uma dose acumulada de determinada toxina, que é mantida acima de uma concentração limiar por um período de exposição suficientemente longo. A resposta incorpora a soma de todos os estresses, a que o organismo é submetido, bem como, a capacidade de compensação desse organismo (Borrely, S. I., *apud* Nipper, 2000).

A ação das substâncias tóxicas nos organismos pode provocar efeitos letais e sub-letais, como a mudança na taxa de crescimento, na reprodução e no desenvolvimento; nas respostas farmacocinéticas, provocadas por alterações bioquímicas, fisiológicas e comportamentais. Essas respostas podem culminar em patologias e/ou formação de tumores. Tais efeitos devem ser expressos por parâmetros quantificáveis como a percentagem de inibição enzimática (*Vibrio fischeri* - Microtox), o número de organismos imóveis e/ou mortos (*daphnia similis* ou peixes), taxa de formação de tumores. Esses dados são importantes para a disposição segura de efluentes em complementação às análises físico-químicas. (Rand & Petrocelli, 1985).

O resultado de um teste de toxicidade aguda pode ser expresso pela CL50 (concentração letal mediana à 50% da população exposta), quando o efeito avaliado foi a mortalidade, ou pela CE50 (concentração efetiva mediana à 50% da população exposta), quando o efeito observado foi a imobilidade dos organismos expostos.

O monitoramento da toxicidade aguda através do organismo *Vibrio Fischeri* pela técnica do Microtox passou a ser realizado quinzenalmente nos principais efluentes setoriais e também na entrada da ETE (fig.7). Com estes dados passou-se a conhecer melhor a qualidade dos efluentes em tratamento, possibilitando identificar as áreas que mais contribuem para aumento da toxicidade e atuar, diretamente, nestas áreas.

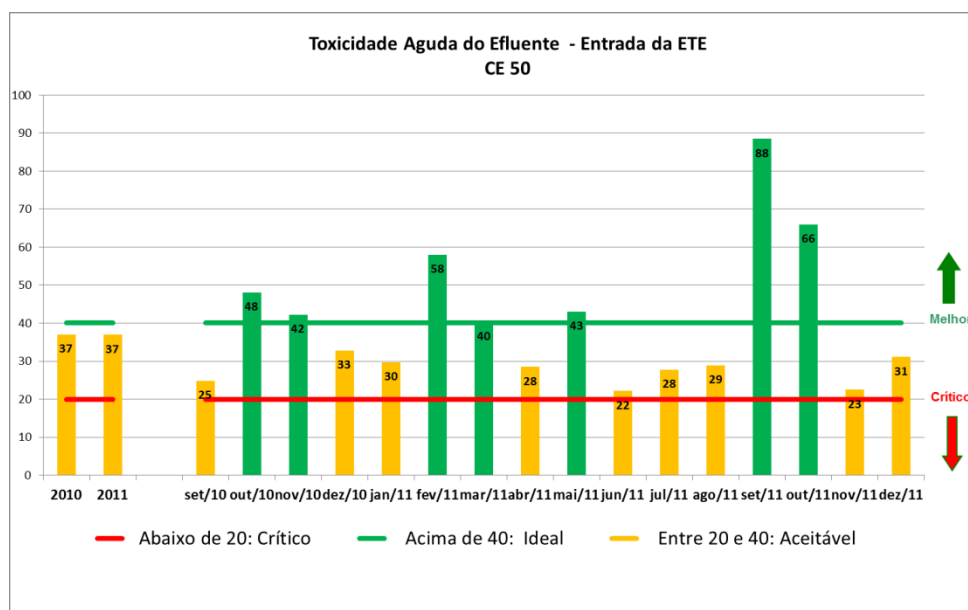


Figura 7 – Monitoramento da toxicidade dos efluentes – médias mensais

O conhecimento da toxicidade dos efluentes é fundamental para o desempenho da estação de tratamento de efluentes (saúde da ETE), por se tratar de um sistema de tratamento biológico onde as cargas tóxicas prejudicam de maneira significativa o desenvolvimento da microbiota. É desejável que a toxicidade aguda do efluente de entrada da ETE, medida através da concentração efetiva 50% - CE 50, não seja inferior a 40%. No entanto, valores de 20 a 40% são toleráveis, desde que não persistam por mais de 5 dias consecutivos. O importante nesse trabalho é que área de Meio Ambiente desenvolveu uma metodologia de avaliação de resultados para o fácil entendimento da equipe de operação.

2.2.6 Monitoramento da microbiota da ETE

O monitoramento biológico, realizado no interior das lagoas aeradas e tanques do MBBR – Moving Bed Biofilm Reactors, permite acompanhar a eficiência do sistema de tratamento em termos da microbiologia, a qual denominamos “saúde da lagoa” e atuar no controle da qualidade do efluente de entrada, quanto à carga orgânica e os efeitos da toxicidade. Este monitoramento é realizado através da mensuração do tamanho dos flocos biológicos e da diversidade e densidade da microbiota que é expressa pela população de protozoários no sistema. Estabeleceu-se o ponto 8 (fig.8) como referência, por ser um ponto estratégico no final das lagoas aeradas, imediatamente antes da entrada dos reatores MBBR.

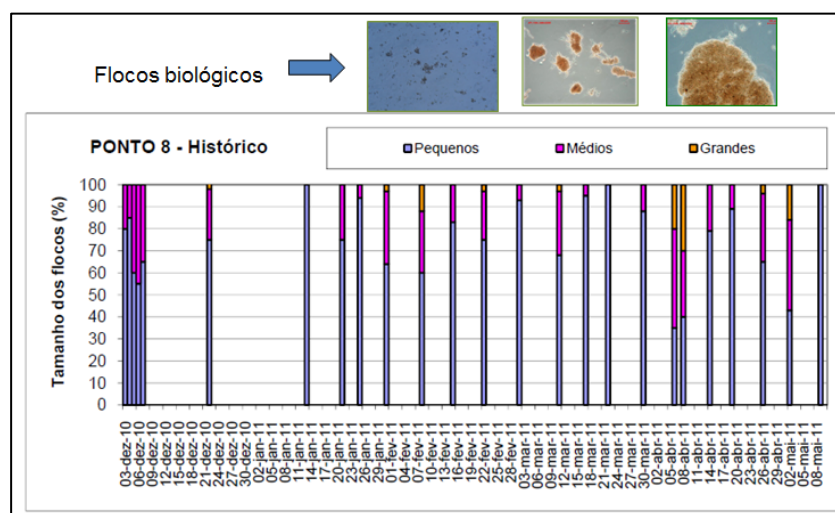


Figura 8 – Tamanho dos flocos biológicos no ponto 8 (referência)

Quanto maior for o tamanho dos flocos, mais fácil será a sua deposição no fundo da lagoa de polimento, aumentando a remoção da matéria orgânica e consequentemente, a eficiência do tratamento.

O tratamento biológico de efluentes é um sistema vivo, cujo desempenho na remoção de carga orgânica é afetado diretamente pela maior ou menor quantidade de microrganismos presentes nos diversos estágios de tratamento. Como a resposta em um sistema biológico não é imediata, estas informações da qualidade e tamanho dos flocos e da quantidade e diversidade de microrganismos

podem ser utilizadas para prever o desempenho da remoção de carga orgânica da ETE, com até uma semana de antecedência.

Pode-se observar a quantidade e diversidade dos protozoários no ponto de referência (fig.9). Quanto mais coloridas forem as barras, maior a diversidade da microbiota constituindo-se em um indicador da “saúde da ETE”.

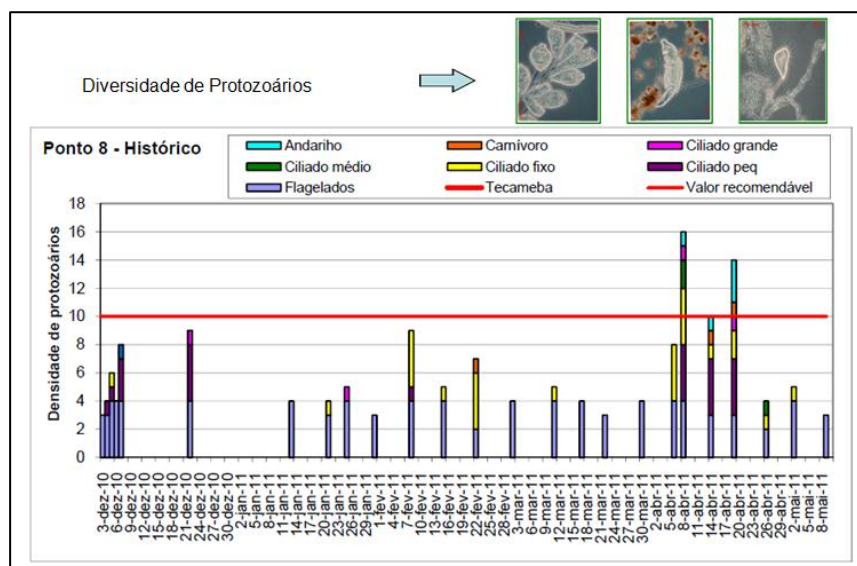


Figura 9 – Densidade e diversidade de protozoários no ponto 8 (referência).

2.2.7 Regras operacionais para gestão da ETE - "Os Dez Mandamentos"

Uma vez estabelecidos os monitoramentos setoriais e da estação de tratamento de efluentes - ETE tornou-se necessário definir algumas regras para proteger o sistema e garantir a estabilidade da microbiota e a eficiência de remoção de DBO. Decidiu-se criar as seguintes regras, que foram denominadas de "Os Dez mandamentos".

1. *Garantir o enquadramento legal do efluente final para DBO, expresso em kg/dia;*
2. *Manter a eficiência global da ETE acima de 90% para remoção de carga orgânica expressa como DBO;*
3. *Não permitir que as cargas orgânicas na entrada da ETE sejam superiores a 175.000 kg/dia, expressa em DQO, por períodos maiores que sete dias consecutivos;*
4. *Produtos químicos e combustíveis tais como: licor preto, metanol, óleo combustível, condensados contaminados, hipoclorito, dióxido de cloro, não podem ser lançados nos efluentes industriais;*

5. *Manter o nível da lagoa de emergência menor que 40%;*
6. *Recalques da lagoa de emergência para a entrada da lagoa aerada só deverão ser realizados quando as cargas na entrada da ETE estiverem abaixo de 175.000 kg/dia, expressas como DQO, e somente serão realizadas com a autorização da Área de Meio Ambiente;*
7. *Manter o máximo de aeradores em operação ininterrupta (135 aeradores);*
8. *Realizar manutenção da torre de resfriamento sempre que o diferencial de temperatura entre a entrada e saída for inferior a 18°C, de forma a garantir a temperatura dos efluentes na entrada da ETE abaixo de 40 °C;*
9. *Manter os níveis de toxicidade dos efluentes na entrada da ETE acima de 40% (EC50);*
10. *Todo descarte de efluente fora de especificação deverá ser consultado o operador da ETE e os responsáveis da área de Meio Ambiente.*

Esta ferramenta foi desenvolvida, discutida, aprovada e implantada pela alta gestão da empresa e tornou-se um instrumento de controle para toda área operacional da unidade. O descumprimento de um dos mandamentos requer análises de causa, ação corretiva e um plano de ação para evitar reincidências.

Durante a implantação foram realizadas palestras para conscientização das equipes de operação, mostrando a importância do controle dos efluentes enviados para a ETE e, principalmente, para sensibilizar estas equipes sobre o sistema vivo de que é constituída uma ETE. Nesta etapa, foram mostrados vídeos obtidos por microscopia, com simulações de impactos reais na microbiota após o lançamento de produtos como, licor negro, dióxido de cloro e óleo combustível.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à instabilidade do processo e frequentes choques de cargas na entrada do sistema de tratamento, a ETE vinha apresentando baixo desempenho desde o início do ano de 2010. Além da ocorrência de cargas elevadas na entrada do sistema, um fator muito importante estava associado à toxicidade dos efluentes. Não haviam critérios objetivos estabelecidos para desvio dos efluentes para a lagoa de emergência e os recalques para a lagoa aerada ocorriam sem maiores cuidados. Desta forma, os frequentes impactos na microbiota, resultavam em perda de eficiência de todo o sistema de tratamento.

3.1 Utilização das ferramentas de gestão.

As ferramentas de gestão e controle listadas abaixo são um conjunto de medidas adotadas para garantir uma padronização de práticas, aumentar o nível de conhecimento e permitir maior previsibilidade no desempenho do sistema de tratamento de efluentes.

- Monitoramento físico-químico dos efluentes;
- Mapeamento do tempo de residência dos efluentes;
- Definição dos pontos de amostragem no interior da ETE;
- Monitoramento preditivo de cargas na saída da ETE;
- Monitoramento da toxicidade aguda dos efluentes;
- Monitoramento da microbiota da ETE;
- Regras operacionais para gestão da ETE - "Os Dez Mandamentos".

3.2 Resultados.

Com a implantação das ferramentas de controle, a partir de outubro de 2010, foram obtidos os seguintes resultados:

- Maior controle dos níveis de toxicidade dos efluentes;
- Melhoria do desempenho global da estação de tratamento de efluentes – ETE para remoção de DBO (Fig. 10);
- Melhorias da gestão da ETE, permitindo conhecer as cargas de DQO da saída com até cinco dias de antecedência;
- Atuação preventiva ao invés de reativa;
- Ganhos significativo no desempenho e maior estabilidade na performance geral da ETE.

Observa-se uma significativa evolução na remoção geral de DBO na ETE (Fig. 10).

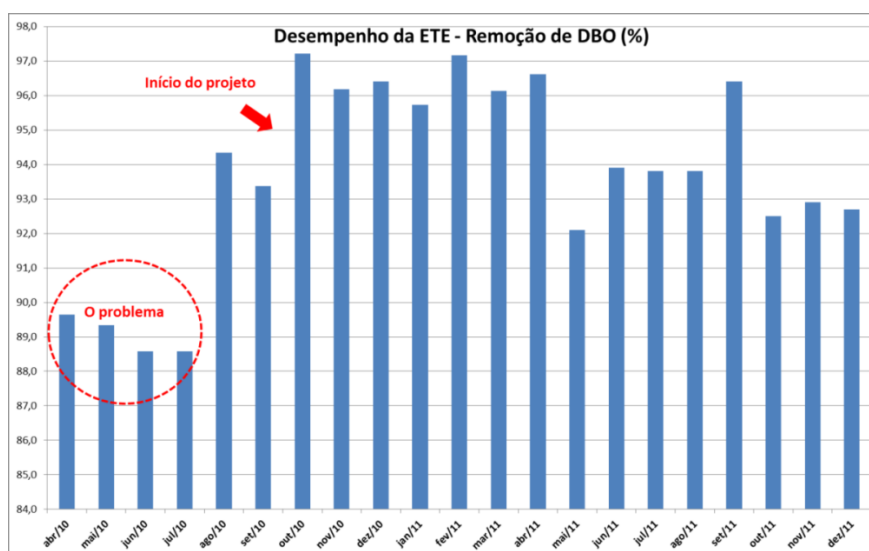


Figura 10 – Eficiência de Remoção de DBO na ETE

4 CONCLUSÃO

As ferramentas foram desenvolvidas internamente por um grupo de especialistas com base na experiência prática e conhecimento do processo. Durante este processo foi obtido total apoio da diretoria e das gerências de áreas, aspectos fundamentais para o sucesso do trabalho.

Dentre as vantagens da implantação deste conjunto de medidas destacam-se:

- Aplicabilidade imediata do modelo.
- Quebra de paradigma: mudança de conceito de reativo para proativo.
- Implantação a custos baixos.
- Política do “*no surprise*”. Antecipação de problemas, que podem impactar nos custos, requisitos legais e partes interessadas.
- Maior controle dos níveis de toxicidade dos efluentes;
- Melhoria do desempenho global da estação de tratamento de efluentes – ETE para remoção de DBO.
- Melhorias da gestão da ETE, permitindo conhecer as cargas de DQO da saída com até 5 dias de antecedência;
- Atuação preventiva ao invés de reativa;
- Estabilidade na performance geral da ETE;
- Eliminação das perdas de produção.

“Só é gerenciado aquilo que se mede”

Kaoru Ishikawa

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORRELY S. I, **Redução da Toxicidade Aguda em Efluentes Industriais e Domésticos Tratados por Irradiação com Feixe de Elétrons. Avaliada com as Espécies *Vibrio fischeri*, *Daphnia similis* E *Poecilia reticulata***– IPEN, São Paulo, 2001.
2. FURLEY, Tatiana H. & Carvalho, A, **Avaliação do impacto das drenagens sobre a microbiologia da ETE e qualidade do efluente tratado da Aracruz Celulose S.A.** Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia, 4(2), p. 9-18.
3. ARAUJO, J. E. **Sistema de Tratamento de Efluentes da Suzano Papel e Celulose – SPC.** Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa, no curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Tecnologia de Celulose e Papel, 2006. 64 p.
4. RAND G.M. & PETROCELLI, S.R. 1985 **Fundamentals of Aquatic Toxicology.** Washington, Hemisphere Publ. Corp. 666p.