

II-186 - TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES: UM ESTUDO DE CASO / WASTEWATER TREATMENT IN SOFT DRINKS INDUSTRIES

Hiroshi Cavalcante Medeiros Koseki

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário UNINOVAFAPI. Pós-Graduando em Gerenciamento de Obras e Tecnologia da Construção pelo Instituto Brasileiro de Educação Continuada (INBEC).

Leonardo Madeira Martins

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI). Coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário UNINOVAFAPI. Mestre e Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Mario de Alencar Freitas Neto

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Coordenador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNINOVAFAPI. Mestre e Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço: Rua Orlando Carvalho, 4822 – Santa Isabel - Teresina - PI - CEP: 54053-160 - Brasil - Tel: (86) 99990-9917 - e-mail: hiroshikoseki@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho foi voltado para a análise das tecnologias de tratamento de efluentes líquidos utilizados por uma indústria regional de refrigerantes, situada no estado do Piauí. A pesquisa foi embasada em estudos da literatura, na legislação ambiental vigente e em visitas técnicas à empresa. De acordo com dados secundários do boletim de análise do esgoto apresentado no projeto básico de engenharia, o efluente tratado inicialmente por *wetlands*, não satisfaz os padrões propostos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11. Ao final do estudo concluiu-se que a ETE por zona de raízes, por se tratar de um sistema físico-biológico, não é a técnica mais adequada para o tratamento de resíduos industriais de refrigerantes e a adoção de uma estação compacta composta por tanques com difusores de membranas, mostrou-se uma alternativa válida ao tratamento de efluentes com as características abordadas.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria de Refrigerantes, Tratamento de Efluentes, *Wetlands*.

INTRODUÇÃO

Refrigerante é uma bebida não alcoólica, carbonatada, com alto poder refrescante, encontrada em diversos sabores. A indústria de refrigerante surgiu nos Estados Unidos, em 1871. No Brasil, os primeiros registros são de 1906, mas somente por volta de 1920 é que o refrigerante entrou definitivamente na rotina dos brasileiros. Em 1942, foi instalada a primeira fábrica da bebida no Rio de Janeiro (SILVA LIMA; AFONSO, 2008).

Responsável por 3% de todo o PIB nacional, o setor de bebidas frias é o que mais emprega no Brasil e engloba a produção de sucos, refrigerantes, cervejas, chás, águas e isotônicos. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (2014), para cada emprego gerado em uma fábrica de bebidas, outros 50 são criados na cadeia de produção (CERVBRASIL, 2014).

O mercado brasileiro de refrigerantes é fortemente concentrado, sendo por isso dividido em grupos de empresas. Estes sistemas são classificados em: grandes corporações multinacionais, grandes empresas e pequenas empresas regionais. As grandes multinacionais apresentam grande capital com forte participação internacional e juntas detêm 90% do faturamento do setor. As pequenas empresas regionais (grupo ao qual pertence a indústria estudada) são responsáveis pela assimilação de 47,63% do total de postos de trabalho gerados no setor de refrigerantes, faturando em média R\$ 15 milhões ao ano e empregando diretamente cerca de 132 funcionários (AFREBRAS, 2013).

No Piauí, as pequenas empresas são importantes geradores de emprego e renda nas regiões em que estão sediadas, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento local. Suas participações de mercado são muito pequenas, se comparadas a nível nacional. De acordo com dados divulgados pela Vigitel (2015), em parceria com o Ministério da Saúde, Teresina ocupa a quinta colocação no ranking das capitais que menos consomem refrigerantes no Brasil.

De acordo com o Guia Técnico Ambiental da CETESB (2005), a grande quantidade de água empregada no tratamento de efluentes industriais de fabricas de refrigerantes gera preocupações em relação ao impacto ambiental ocasionado por essa atividade e tem levado as autoridades a exigir a adoção de novos métodos e alternativas capazes de sanar esses problemas. Medidas de racionalização de água são exemplos disso, pois influenciam diretamente na geração de efluentes, uma vez que menores consumos representam menores vazões de resíduos. Monitoramento e programas detalhados de manutenção, como a eliminação de vazamentos em dutos, cotovelos, junções, registros e válvulas, além de tecnologias avançadas, como processos de separação por membranas e o uso de reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB) são outras formas de reduzir os desperdícios e majorar a eficiência. Os efluentes oriundos das indústrias de refrigerantes são ricos em matéria orgânica, devido ao açúcar utilizado no preparo do xarope simples e aos extratos vegetais, adicionados ao xarope composto para a obtenção de sabores diversificados. Além disso, apresentam PH alcalino, consequente dos produtos de limpeza. Os resíduos sólidos são quase unicamente da etapa de envase.

Segundo Von Sperling (1998), os principais sistemas de tratamento empregados para a remoção de poluentes dos efluentes são: lagoas de estabilização e variações; lodos ativados e variações; filtros biológicos; sistemas anaeróbios (filtros e reatores) e reatores aeróbios. As indústrias de refrigerantes utilizam ambos os sistemas, aeróbio e anaeróbio, para o tratamento de seus efluentes. A escolha de um ou mais métodos dependerá da capacidade tecnológica de cada ETE e da composição do efluente tratado, visando à obtenção de um resíduo de qualidade satisfatória e que obedeça a normatização da legislação ambiental pertinente.

Este artigo tem como objetivo geral, avaliar as tecnologias empregadas no tratamento de efluentes de indústrias de refrigerantes, tomando como unidade de estudo uma fábrica no Piauí. Dentre os objetivos específicos, podem ser citados: a caracterização do processo produtivo de refrigerante; a descrição do tratamento utilizado inicialmente na indústria estudada; a definição da tecnologia atualmente empregada no tratamento do efluente analisado; os impactos ambientais que o efluente não tratado ou despejado de forma indevida no meio ambiente pode ocasionar na natureza.

METODOLOGIA

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa regional de refrigerantes (indicada no trabalho por indústria A), localizada a uma latitude 4°45'12.48" sul e a uma longitude 42°33'27.86" oeste, estando a uma altitude de 138 metros, situada no estado do Piauí. A pesquisa foi embasada em estudos da literatura, nas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11 e em visitas técnicas à indústria, onde foi observado o funcionamento da estação compacta e as instalações da antiga estação por zona de raízes, atualmente desativada.

O esgoto produzido na indústria A foi caracterizado, a partir de dados secundários, através dos seguintes parâmetros: vazão, pH, temperatura, sólidos sedimentáveis (SSD), sólidos totais, DBO (demanda bioquímica de oxigênio, DQO (demanda química de oxigênio) e oxigênio dissolvido. Estas informações foram obtidas através do boletim de análise do esgoto, presente no projeto básico da ETE por zona de raízes.



Figura 1: Vista da indústria A.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Descrição do processo produtivo de refrigerantes na indústria A

A produção de refrigerante engloba as seguintes etapas:

- Preparo do xarope simples: constitui a primeira etapa a ser realizada, onde o açúcar cristal é dissolvido em água previamente aquecida a 60°C, como forma de acelerar o processo.
- Clarificação do xarope simples: após o aquecimento, o xarope simples apresenta um aspecto de cor amarelada e odor de cana de açúcar, impróprios para a produção de refrigerante. Para eliminar estes inconvenientes, realiza-se uma clarificação do xarope com carvão ativo a uma temperatura de 80°C, por 20 minutos.
- Filtração do xarope simples: tem o objetivo de eliminar o carvão ativo utilizado na etapa de clarificação. Este processo é realizado em filtros de peneiras, na vertical, utilizando terra diatomácea como material filtrante. A filtração do xarope é feita a uma temperatura de 80°C. Após todas as partículas do carvão ficarem retidas nas peneiras, o xarope filtrado é direcionado para o tanque de xarope composto.
- Preparo do xarope composto: consiste primeiramente no resfriamento do xarope filtrado para uma temperatura inferior a 25°C, para posteriormente ser feita a adição dos componentes da fórmula, tais como conservantes, acidulantes, antioxidantes, aromas extratos e outros aditivos. Segundo a CETESB (2005), “os aditivos incorporados ao xarope simples para a obtenção do xarope composto é que distinguem os refrigerantes entre si, conferindo as características organolépticas e propriedades químicas adequadas a sua conservação”.
- Diluição e carbonatação: para transformar o xarope composto em refrigerante é necessário diluir a mistura (xarope) em água tratada, até uma concentração de 10°Brix, variando de acordo com o tipo de produto a ser obtido. Em seguida, o refrigerante propriamente dito, passa por uma etapa de carbonatação, onde quantidades controladas de gás carbônico são injetadas na bebida.
- Envase: esta etapa consiste no engarrafamento da bebida. As garrafas PET são direcionadas à máquina de lavagem de garrafas, sendo conduzidas posteriormente para a “enchedora” e “rosqueadora”. Em seguida, são direcionadas para um “enfardador” e posterior paletização. O envase do refrigerante deve ser realizado imediatamente após a etapa de carbonatação, visando evitar perdas de dióxido de carbono.

O processo industrial, juntamente com seus pontos de geração de efluentes pode ser observado na tabela 1 e na figura 2:

Tabela 1: Pontos de geração de efluentes.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS	
RESÍDUOS SÓLIDOS	EFLUENTES LÍQUIDOS
Produção de garrafas PET, garrafas de vidro e latas de alumínio.	Lavagem de vasilhames e equipamentos.
Restos de papel e plástico das embalagens.	Lavagem da própria instalação.
Borra de rótulos da lavagem de garrafas	Perdas do processo (derramamento de produtos).

Fonte: Elaborado pelo autor.

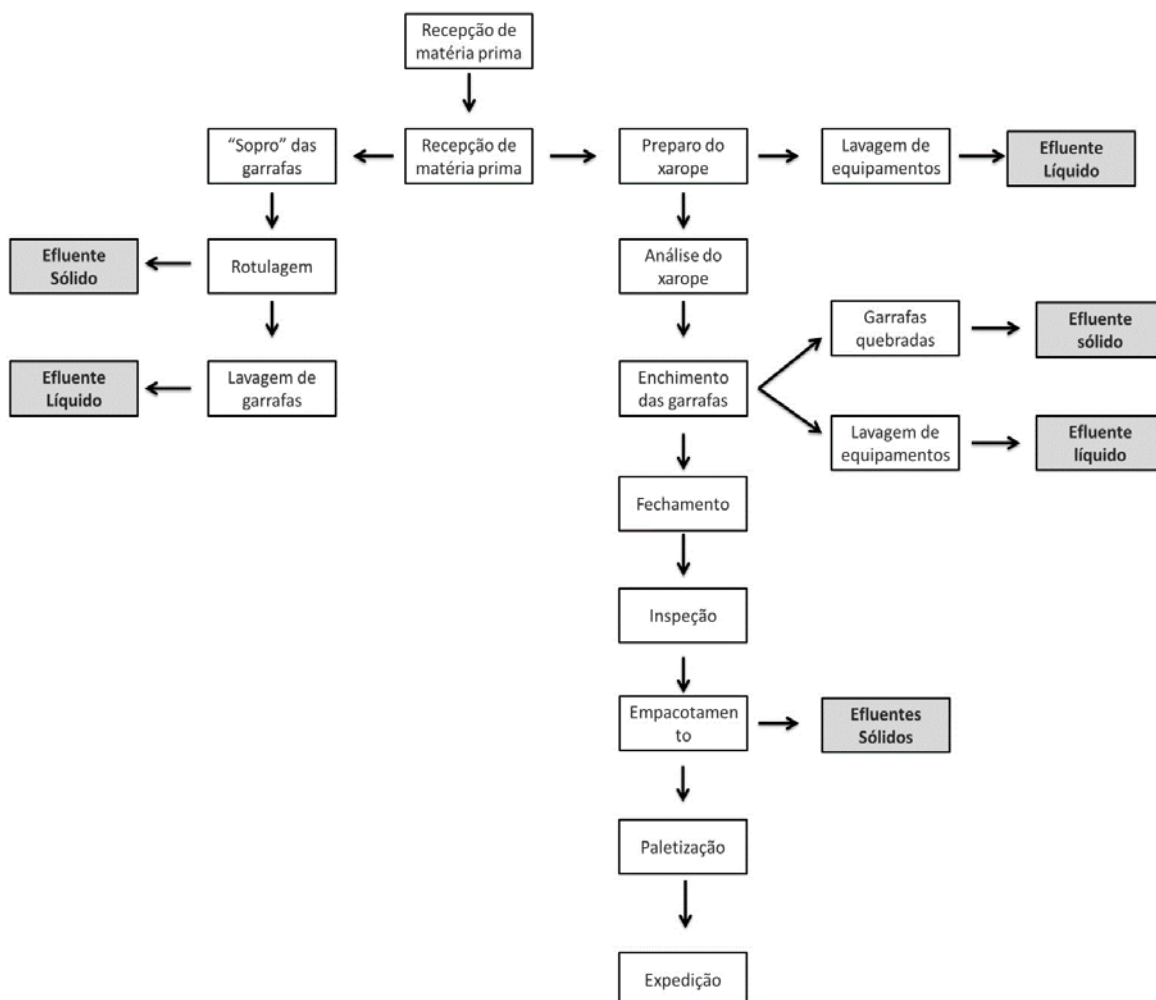


Figura 2: fluxograma descritivo do processo industrial, juntamente com pontos de geração de resíduos sólidos.

Fonte: Projeto básico da ETE por zona de raízes, 2007. Adaptado pelo autor.

Caracterização do efluente industrial visando tratamento por zona de raízes

Com o objetivo de obter dados consistentes para planejar o sistema de tratamento de efluente e controle ambiental que processou os rejeitos líquidos da indústria, foi feita uma abordagem, com base em dados secundários, dos seguintes parâmetros: campanha para coleta de efluentes com frequência semanal, totalizando oito amostras analisadas; monitoramento da vazão, pH, temperatura, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, DBO, DQO e oxigênio dissolvido. Os resultados estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2: Caracterização do efluente.

Pontos de análise	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Media mensal
Horário	08:55	16:07	09:13	16:01	09:59	16:20	07:36	16:00	-
Ph	5,40	6,40	5,40	6,40	4,90	5,30	5,40	6,20	5,70
Temperatura da amostra (°C)	29,00	31,00	30,50	32,30	29,30	30,00	29,50	32,00	30,50
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5,00	5,00	1,00	3,00		3,00		2,00	3,20
DBO _{5,20} (mg/l)			1.410,00	530,00		3.450,00	5.100,00	2.625,00	2.623,00
DQO (mg/l)	12.295,00	2.172,00	3.594,00	820,00	36.260,00	8.550,00	12.308,00	6.308,00	10.288,40
Sólidos totais (mg/l)	11.562,00	2.074,00	3.236,00	1.252,00	29.512,00	7.236,00	10.180,00	5.938,00	8.873,80
Sólidos totais fixos (mg/l)	704,00	298,00	636,00	526,00	404,00	294,00	300,00	1436,00	574,80
Sólidos totais voláteis (mg/l)	10.858,00	1.776,00	2.600,00	726,00	29.108,00	6.942,00	9.880,00	4.502,00	8.299,00
Sólidos sedimentáveis (ml/l/h)	5,50	0,20	0,20	1,50	0,10	0,30	0,10	3,00	1,40

Fonte: Projeto básico da ETE por zona de raízes, 2007.

Observação: Descrição dos pontos na ordem em que estão apresentados.

- I. Lavagem da linha de produção para a troca de sabor.
- II. Envasamento do sabor cola.
- III. Lavagem da linha de produção para a troca de sabor.
- IV. Lavagem do filtro de xarope simples.
- V. Lavagem da sala de envase com detergente neutro.
- VI. Envasamento do sabor laranja.
- VII. Envasamento de laranja e guaraná.
- VIII. Lavagem do filtro de xarope simples

Os principais valores das vazões e os resultados analíticos das amostras, as cargas poluidoras calculadas do efluente industrial e os valores que serão adotados no dimensionamento do sistema de tratamento, estão representados na tabela 3.

Tabela 3: Valores adotados no dimensionamento do sistema.

VARIÁVEIS	RESULTADO MÉDIO DA ANÁLISE LABORATORIAL		ADOTADO NO DIMENSIONAMENTO	
	Conc. (mg/l)	Carga (mg/l)	Conc. (mg/l)	Carga (mg/l)
PH	5,7	-	5,7	-
Temperatura (°C)	30,50	-	30,50	-
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	1,4	0,22	2,0	0,03
DBO _{5,20} (mg O ₂ /l)	2.623,00	41,97	2.700,00	43,20
DQO (mg O ₂ /l)	10.288,40	164,61	10.500,00	168,00
OD (mg O ₂ /l)	3,2	0,05	3,50	0,06

Fonte: Projeto básico da ETE por zona de raízes, 2007.

De acordo com esses dados, o efluente analisado pôde ser caracterizado com os seguintes parâmetros:

- O consumo máximo de água da unidade fabril, para a produção diária de 6000 litros de refrigerante, será em torno de 18,00 m³ ou 0,9 m³/h.
- De acordo com o projeto básico da estação de tratamento por zona de raízes, o pH verificado manteve-se entre 4,9 e 6,4, com uma média de 5,7 - o que é considerado aceitável para o tratamento de efluentes por *wetlands*.

Zona de raízes (wetlands)

A estação de tratamento por zona de raízes é um sistema físico-biológico idealizado seguindo a lógica do biofiltro. O esgoto bruto é lançado por meio de uma rede de tubulações perfuradas, instaladas abaixo de uma área plantada (zona de raízes). O dimensionamento da ETE deve ser calculado de acordo com a demanda de efluente previsto para a situação. Caso necessário, realiza-se adaptações de acordo com as necessidades e características de cada região.

Segundo Crispim et al. (2012), a função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo através de rizomas que possibilitam o desenvolvimento de uma população de microrganismos, responsáveis pela remoção dos poluentes da água. Vale lembrar que a ETE por zona de raízes reduz matéria orgânica e nutrientes, como fósforo e hidrogênio, que quando lançados em corpos d'água podem desenvolver processos, como a eutrofização.

De acordo com projeto básico da estação (2011), as plantas que formam a zona de raízes neste tipo de estação devem ser plantadas sobre um filtro físico, estruturado sobre uma camada de brita nº 2, com 50 cm de profundidade. Esta camada de brita encontra-se sobre outra camada de filtro composta de areia, que ocupa o espaço entre o fundo do filtro e a camada de brita. A camada de areia deve possuir uma granulometria de média para grossa e preencher uma altura de 40 cm. No fundo do filtro ficam acomodadas as tubulações que captam o efluente tratado, conduzindo-o para fora da estrutura. A ETE deve ser impermeabilizada por meio de uma lona plástica em uma estrutura de concreto armado, podendo variar de acordo com o tipo de terreno. A função da impermeabilização é evitar qualquer forma de contaminação e infiltrações indesejáveis no sistema. O efluente deve passar inicialmente por uma fossa séptica, onde serão removidos os sólidos sedimentáveis. Se necessário, utiliza-se bombas elétricas para conduzir os resíduos à ETE, quando o sistema de condução não oferecer um caimento mínimo ou quando a fossa séptica estiver abaixo do nível da estação. Da fossa o efluente é lançado por uma rede de tubulações na altura das raízes, aproximadamente 10 cm abaixo da superfície, onde se inicia o tratamento secundário da ETE.

O sistema de tratamento de efluentes por *wetlands* é constituído por dois momentos. O tratamento primário (fossa séptica) e o secundário (zona de raízes), onde o efluente resultante do tratamento pode ser devolvido à natureza, apresentando uma redução de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis, o que evita a contaminação do corpo hídrico ao qual será lançado, além da contaminação do solo por ovos e cistos de verminoses, no caso de serem lançados em valas de infiltração.

Outro aspecto positivo é a ausência da produção de lodo, pois os sólidos que se sedimentam são em pequenas quantidades, não havendo, dessa forma, necessidade de receberem tratamento específico. Os gases liberados com a decomposição da matéria orgânica e que produzem mau cheiro são eliminados na ETE por zona de raízes, pois as plantas funcionam como filtro natural.

Existem diversas espécies de plantas que podem compor o biofiltro da ETE, contudo, independente do gênero a que pertençam, todas devem ter características específicas e essenciais para um bom funcionamento da estação, como aerênquimas bem desenvolvidos no caule e raízes fasciculadas (CRISPIM et al., 2012).

Segue na figura 3, detalhamento da estação de tratamento por zonas de raízes.

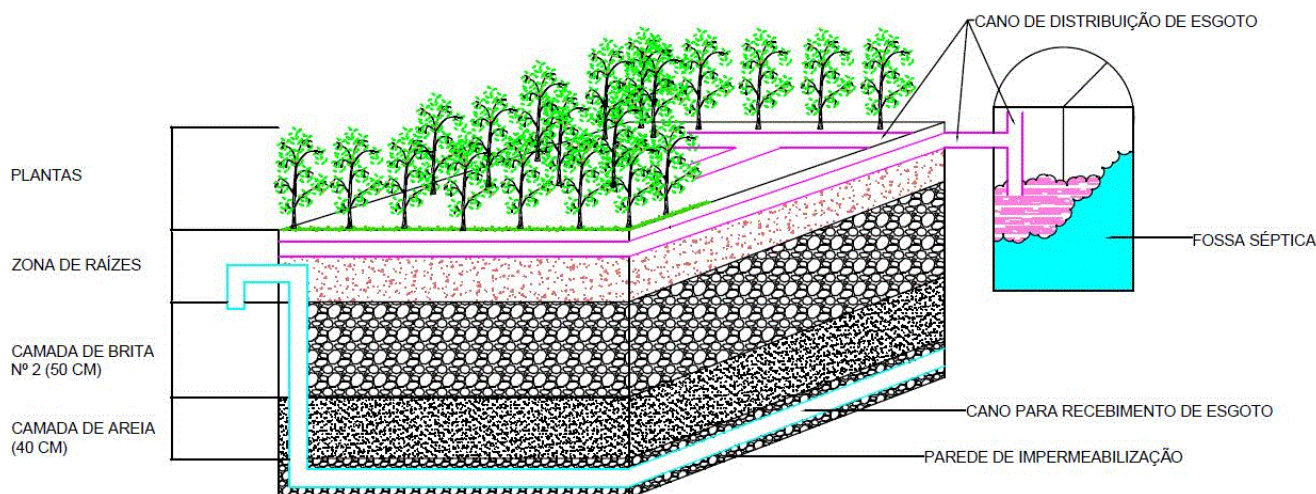


Figura 3: Detalhamento ETE por wetlands.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensionamento das unidades de operação da ETE por zona de raízes

A unidade de operação foi composta por três etapas. A primeira foi uma fase física, de tratamento primário, composta por decantador e filtro, objetivando a remoção de sólidos e uma parte da DBO. A segunda constituiu a fase biológica, de tratamento secundário, caracterizada pela zona de raízes. Por fim, foi construído um tanque escavado para acúmulo semanal de produção industrial.

I. Fase física: Decantador

Esse tratamento objetiva proteger o tanque do sistema de raízes do assoreamento rápido e reduzir a carga orgânica insolúvel.

II. Fase biológica: Sistema de zona de raízes.

Essa fase é responsável pela eliminação da matéria orgânica remanescente e remoção de nutrientes indesejáveis, e é composta por duas unidades: caixa de regularização do fluxo de efluentes e tanque de zona de raízes.

III. Caixa de regularização do fluxo de efluentes

Regula a quantidade de efluentes a ser infiltrados na zona de raízes. Foi projetada nas dimensões internas de 5,0 x 1,5 m de área, 1,80 m de profundidade e volume de 13,5 m³ de efluentes, suficientes para 15,4 horas de recebimento contínuo sem infiltração.

4.2.2. Tanque de zonas de raízes

Onde é realizado o tratamento biológico propriamente dito. Este tanque foi construído contínuo a caixa de regularização do fluxo de efluentes, nas dimensões internas de 14,0 x 5,0 m de área, por 1,1 m de profundidade. O dimensionamento foi realizado a partir da adoção dos seguintes parâmetros, obtidos no projeto básico da ETE por zona de raízes:

- Taxa de degradação, em determinado período de detenção, com média anual da temperatura local;
- Vazão de 18,0 m³/dia;
- DBO_{5,20} no efluente bruto adotado de 2630 mg/l;

Realizando as devidas equações, encontrou-se um tempo de permanência de 3,92 dias. Ao considerar o período de permanência necessário, em relação direta com o volume de efluente bruto diário, definiu-se o volume mínimo necessário do tanque da zona de raízes em 70,56 m³.

Portanto, foi necessária uma retenção hidráulica de no mínimo 3,92 dias para a vazão máxima e um volume total do tanque de no mínimo 70,56 m³. Para este volume, considerando que o tanque teve 1,1 metros de profundidade, definiu-se como área as dimensões de 5,0 m x 14,0 m, que resultou em um volume total de 77,0 m³. Da mesma forma, calculou-se a caixa de regularização do fluxo de efluente, nas dimensões internas de 1,0 x 5,0 m de área e 2,0 m de profundidade.

IV. Tanque escavado para acúmulo semanal de produção industrial

O dimensionamento do reservatório de efluente tratado considerou a vazão de uma semana de operação da indústria, o que equivale a 126 m³, sem considerar a evapotranspiração estimada de 25%, como margem de segurança. Assim, o reservatório foi construído nas dimensões de 8,0 x 8,0 metros de área, com profundidade de 2,0 metros.

Fatores que levaram ao mau funcionamento da Wetland

O efluente final não satisfaz as demandas propostas pelas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11, e por isso houve a necessidade de adotar um novo método de tratamento. A relação DQO/DBO, indicada no boletim de análise do projeto básico da *wetland*, resultou em valores próximos a 4, o que indica um efluente com características industriais. Logo, por se tratar de um sistema físico-biológico, essa tecnologia isolada não seria suficiente para o tratamento de resíduos com tais características, havendo a necessidade de utilização de outras técnicas associadas para um tratamento mais satisfatório, pois estes além de matéria biodegradável, também possuem recalcitrantes em sua composição. Abaixo na figura 4, gráfico com indicativos de DBO e DQO do material analisado.

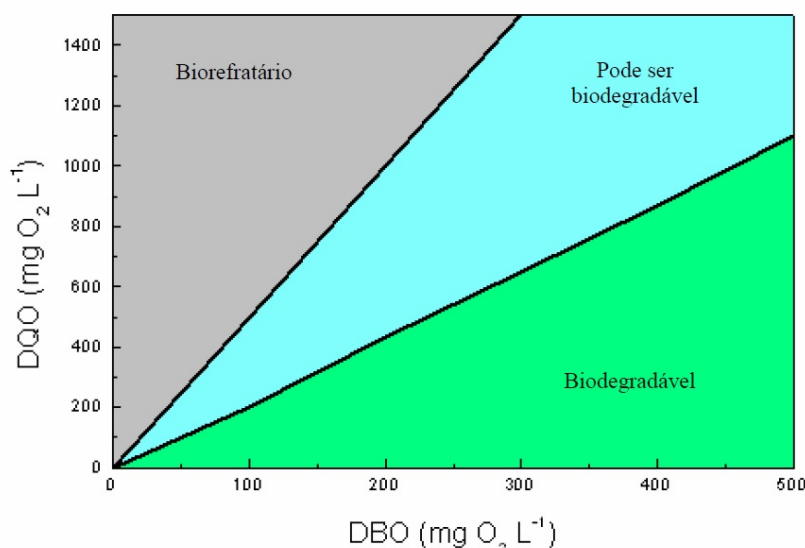


Figura 4: Valores de DQO e DBO indicativos da tratabilidade de um efluente.
Fonte: Jardim e Canela, 2004.

Relação DBO/DQO:

- DQO/DBO < 2,5 = Facilmente biodegradável.
- 2,5 < DQO/DBO < 5 = Efluente com características industriais. Exigirá cuidados na escolha do processo biológico para que se tenha uma remoção desejável de carga orgânica.

- $DQO/DBO > 5$ = Processo biológico com poucas chances de sucesso. Oxidação química aparece como processo alternativo.

O sistema de tratamento por zona de raízes mostrou-se inadequado, pois a ETE apresentou problemas após curto período de funcionamento. As possíveis causas que levaram à ruína da estação estão relacionadas às alternativas de condução do efluente, as quais não ofereceram um caimento mínimo necessário ao transporte dos resíduos, a falta de manutenção periódica e adequada, além de problemas no método construtivo, como uso de alvenaria de vedação ao invés de concreto armado ou alvenaria estrutural. Outro agravante constatado foi a não remoção da terra diatomácea (utilizada no processo de filtragem do xarope simples) antes do envio do efluente ao tanque de zona de raízes, o que acarretou no entupimento da tubulação da estação e consequentemente provocou o colapso no tratamento. Nas figuras 5 e 6, segue fotos do tanque de raízes da indústria A, enfatizando os erros analisados e o modelo de construção da *wetland*, respectivamente.

Dentre os problemas ambientais ocasionados pelo tratamento ineficaz do efluente podem ser citados: desequilíbrio do ambiente aquático, causando a mortalidade da fauna e flora ali existente (caso o efluente seja lançado em corpos d'água); contaminação do solo (caso o efluente seja lançado em valas de infiltração); intoxicação de animais e plantas por meio de poluentes químicos presentes no efluente; propagação de doenças de veiculação hídrica ou transmitidas por animais atraídos pelo ambiente contaminado; poluição visual; náuseas causadas pelo mau odor.



Figura 5: Tanque de zona de raízes com detalhamento de erros construtivos identificados.
Fonte: Elaborado pelo autor.

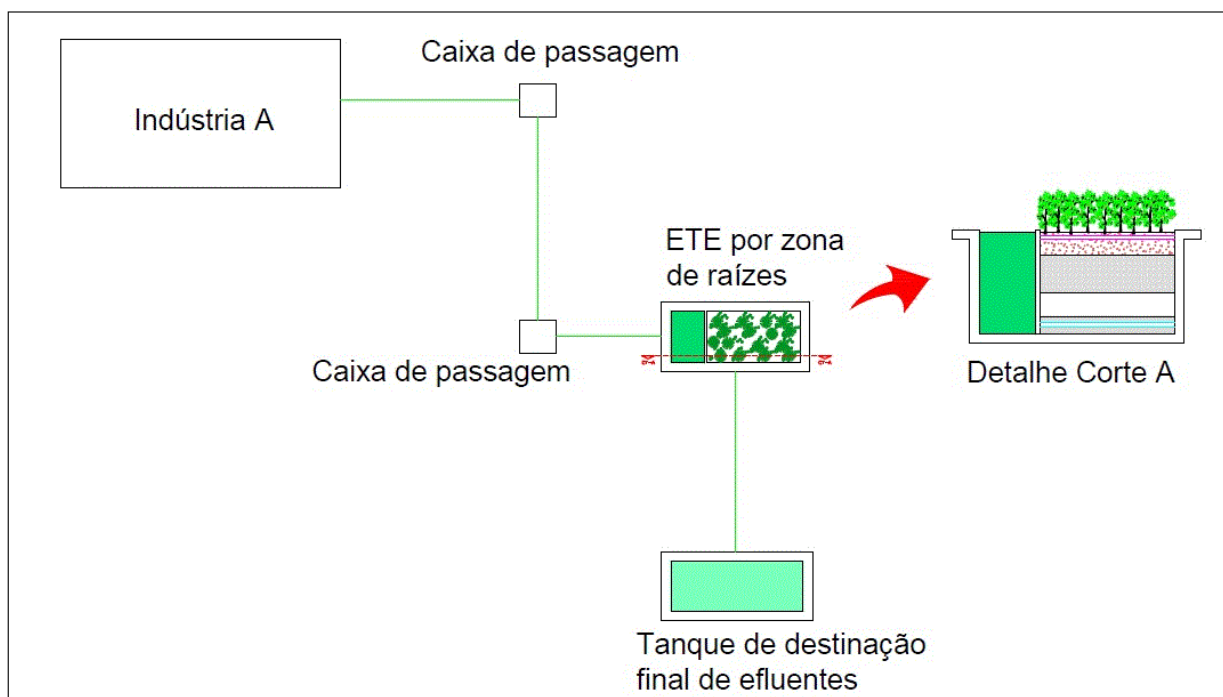


Figura 6: Croqui da ETE por zona de raízes.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Descrição da estação compacta proposta após o colapso da ETE por zona de raízes.

Após o colapso da *wetland*, foi proposta a adoção de uma estação compacta composta por sistema aeróbio, para o tratamento do efluente industrial. De acordo com dados secundários obtidos no memorial descritivo da nova estação, o efluente bruto que chegará à ETE será armazenado na estação elevatória (E.E.), com capacidade média de 20 m³ de volume útil. Na E.E., serão instaladas 2 bombas submersas de 3 CV com 10 mca, trabalhando de forma alternada e acionadas por meio de chave de nível magnética (bóia).

Ao serem acionadas, o efluente será enviado para o reator aeróbico 1, que possuirá difusores de membrana que liberarão ar no fundo do tanque, com bolhas de 2 mm, proporcionando uma melhor interface do ar com o substrato. Neste reator também será adicionado sulfato de alumínio 50 % e polímero misto (6), ambos visando coagular e decantar os sólidos suspensos provenientes da reação de oxidação da matéria orgânica. Nos tanques 2 e 3 ocorrerá o mesmo processo do tanque 1, sempre mantendo a taxa de oxigênio dissolvido em torno de 10 ppm (mg/L).

Ao passar 40 minutos reagindo, o sistema de ar será cessado, aguardar-se-á 30 minutos para decantar, drenar-se-á o lodo do fundo dos tanques e se iniciará nova batelada, sendo que cada coluna de efluente que será transferida para o último tanque passará por um processo de cloração, usando para essa finalidade hipoclorito de sódio (cloro líquido) ou cálcio (cloro granulado) e cloro em pastilhas (tricloro-S-triazina-triona). Tal procedimento será realizado por bomba com diafragma com dosagem de 0-50 L/h, usando solução a 10 ou 20%, e também por um sistema de ultravioleta. Segundo o memorial, o cloro oxidará matéria orgânica e corantes; já o ultravioleta eliminará patógenos e auxiliará na degradação de corantes remanescentes, devido a quebra das duplas ligações presentes em corantes orgânicos.

Todo sistema de tratamento, sejam as etapas de geração de ar, dosagem de cloro ou bombeamento, será realizado automaticamente por painel; o operador somente fará de maneira manual o dreno do lodo.

A lâmpada ultravioleta apresentará comprimento de onda de aproximadamente 260 nm (nanômetros), terá vida útil de 7000 horas, potência de 75 w e em seu painel existirá um horímetro, cuja função é registrar o tempo de funcionamento do dispositivo. Sua radiação será UVC e possuirá caminho óptico de 850 mm. Na tabela 4,

estão representados os valores médios de entrada e saída de DBO e DQO. Nas figuras 7 e 8, seguem a planta baixa e o corte da estação compacta, respectivamente.

Tabela 4: Remoção média de DBO e DQO.

REMOÇÃO MÉDIA		
Parâmetro	Afluente	Efluente
DQO (mg/l)	2.200	300
DBO (mg/l)	1.700	140

Fonte: Memorial descritivo ETE por sistema aeróbio.

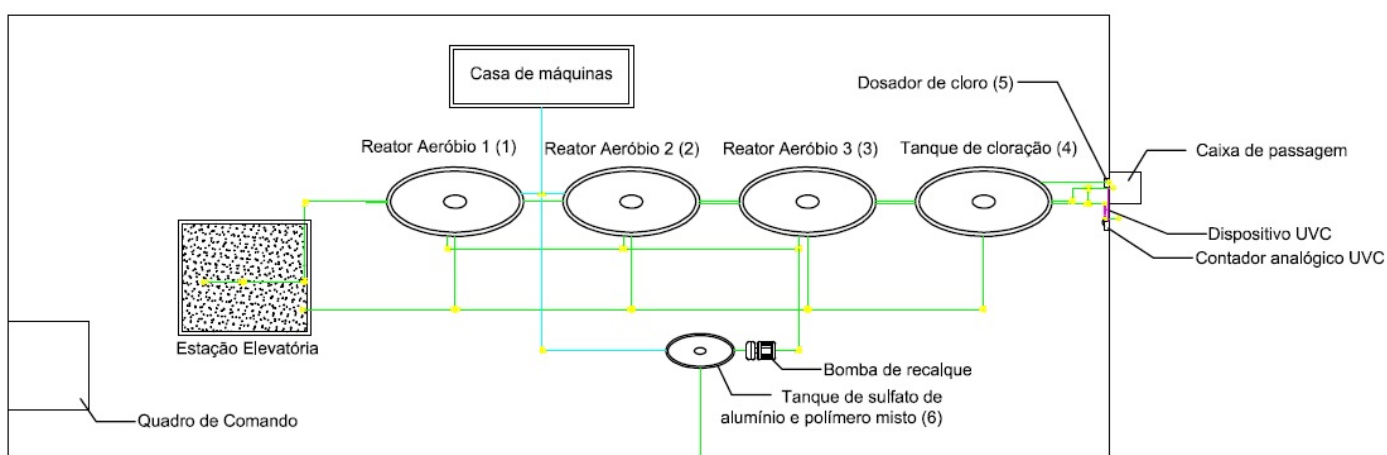


Figura 7: Planta baixa estação compacta.

Figura 7: Elaborado pelo autor.

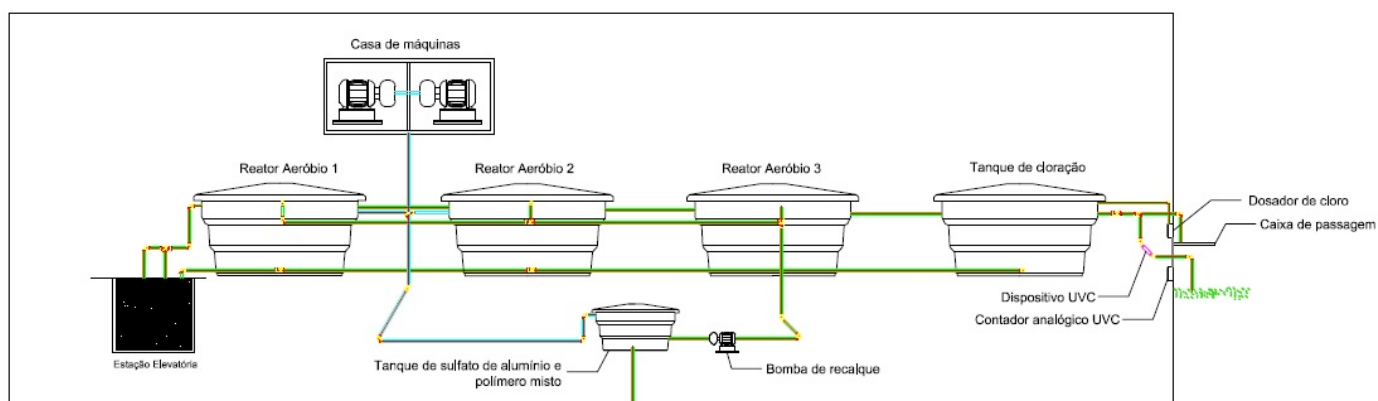


Figura 8: Detalhe em corte estação compacta.

Figura 7: Elaborado pelo autor.

A nova estação proposta não está em operação, mas representa uma alternativa ao tratamento do efluente industrial, pois terá condições de remover taxas consideráveis de matéria orgânica, produzirá pequena quantidade de gases (por se tratar de um sistema aeróbio) e não necessitará de grandes áreas para funcionamento. Além disso, será capaz de remover microrganismos patogênicos existentes através do sistema UVC. Contudo, o uso de cloro para oxidação de matéria biodegradável não é o método mais recomendável, pois ao oxidar a matéria orgânica, ele formará trihalometanos, sendo alguns destes cancerígenos. Para retirar estes elementos prejudiciais a saúde seria necessária à utilização de algumas técnicas, tais como aeração e o

carvão ativo em pó. Elementos mais seguros e com maior poder oxidante (dado em termos de potencial padrão) como o ozônio, poderiam ser usados para oxidar a matéria orgânica e algumas substâncias inorgânicas e, dessa forma, evitar a geração de compostos nocivos.

Outra alternativa para o problema relacionado ao cloro, seria a adoção de um sistema “Fenton”. Nele, os radicais hidroxilas são formados provenientes da decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio em meio ácido. Na ausência de um substrato alvo, o radical hidroxila formado oxida o íon Fe^{2+} e dá origem aos íons Fe^{3+} e hidroxila, sendo este responsável pela degradação de matéria orgânica e outros contaminantes. O uso de radiação UV ou visível potencializa o processo “Feton” e, consequentemente, a degradação de compostos orgânicos, sendo assim denominado processo “Foto-Feton” (NOGUEIRA, et. al, 2007).

Reação de “Feton”.



Onde:

Fe^{2+} e Fe^{3+} = íons ferro;

H_2O_2 = Peróxido de hidrogênio;

OH^+ e OH^- = Radicais hidroxila;

CONCLUSÕES

O sistema de zona de raízes, se comparado a outros métodos, é um tratamento barato e eficiente para efluentes domésticos, utilizado sobretudo em comunidades rurais, onde a demanda de esgotos não é tão significativa. A relação DQO/DBO analisada no projeto básico da *wetland* revelou resíduos com características industriais, logo o efluente não pode ser tratado somente por método biológico, pois não será capaz de remover os recalcitrantes presentes em sua composição.

É de fundamental importância efetuar um teste de toxicidade no efluente *in natura* e pós-tratamento, pois ele indicaria o nível de toxinas presentes no material e informaria a diluição necessária para reduzir a toxicidade a níveis não prejudiciais ao meio ambiente e aos organismos vivos. Contudo, esta análise foi negligenciada pelo empreendedor e projetista durante a avaliação do efluente para dimensionamento da *wetland*.

A adoção de uma estação compacta, constituída por difusores de membranas acoplados a tanques conjugados a um tratamento físico-químico, poderá ser uma alternativa viável ao tratamento de efluentes com as características abordadas. Algumas das vantagens deste tratamento estão na maior eficiência na remoção de matéria orgânica e baixa produção de odores, se comparado a sistemas anaeróbios. Além disso, haverá a possibilidade de oxidação de matérias inorgânicas e eliminação de patógenos através de sistema UVC. Para a obtenção de resultados satisfatórios e duradouros, entretanto, é preciso um controle rígido de operação, além de manutenção e monitoramento adequados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. Mercado cervejeiro, 2014. Disponível em: <<http://cervbrasil.org.br/2014/10/o-setor-de-cerveja-e-um-dos-que-mais-empregam-pais/>>. Acesso em: 19 abril 2015.
2. ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE REFRIGERANTES DO BRASIL. Dados do setor, 2013. Disponível em: <<http://afrebras.org.br/setor/refrigerante/dados-do-setor/>>. Acesso em: 21 abril 2015.
3. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Cervejas e refrigerantes. Governo do estado de São Paulo / Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2005. 60 p.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 357/05: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 27 p.



5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 430/11: Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/05. Ministério do Meio Ambiente, 2011. 09 p.
6. CRISPIM, J. Q. et al. Estações de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes. Campo Mourão: Felciam, 2012. 20 p. : il. Color.
7. JARDIM, W.F; CANELA, M.C. Fundamentos da Oxidação Química no Tratamento de Efluentes e Remediação de Solos. Laboratório de Química Ambiental. Campinas, 2004, V.1.
8. NOGUEIRA, et. al. Fundamentos e Aplicações Ambientais dos processos Feton e Foto-Fenton. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista. Araraquara, SP, 2007.
9. PROJETO TÉCNICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS. Sistema de Zona de Raízes, José de Freitas, PI, 2007.
10. SILVA LIMA, A.C.; AFONSO, J.C. A Química do Refrigerante. Química Nova na Escola. Rio de Janeiro, 2009, V.1, Nº 3.
11. VIGILÂNCIA DE FATORES DE RISCO E PROTEÇÃO PARA DOENÇAS CRÔNICAS POR INQUÉRITO TELEFÔNICO. Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <http://www.portalodia.com/noticias/saude/teresina-e-a-5a-capital-que-menos-consume-refrigerante-no-brasil-230540.html>. Acesso em: 08 de junho 2015.