

Eixo Temático ET-02-014 - Saneamento Ambiental

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TECNOLOGIA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ENTRE CAMPINA GRANDE E SANTA CRUZ DE LA SIERRA/BOLÍVIA**

Vanessa Rosales Bezerra, Roberta Milena Moura Rodrigues, Sinara Martins Camelo, Valderi Duarte Leite, Wanderson Barbosa da Silva Feitosa, Kely Dayane Silva do Ó

### **RESUMO**

O esperado esgotamento energético tem levado empresas e entidades públicas a buscarem novas formas de geração de energia para manterem seus “motores” funcionando. A ameaça de incapacidade do planeta de continuar sustentando o padrão de vida do século XXI, trouxe uma preocupação recente, porém, muito questionada em âmbito internacional: a sustentabilidade; que visa agregar desenvolvimento a preservação do meio ambiente. O tratamento de efluentes é uma atividade preocupante, uma vez que, a maioria das cidades não levam esta prática a sério, sendo despejadas quantidades volumétricas consideráveis de esgotos industriais e domésticos em rios, córregos e mares representando um teor de poluição muito alto e risco de saúde para a população de modo geral. É neste contexto, que a presente proposta visa o crescimento tecnológico e social a partir da manutenção adequada em condições ambientais, a inserção de efluentes no ciclo produtivo, através de técnicas sustentáveis como o tratamento de efluentes eliminando seus agentes poluidores e a utilização de resíduos sólidos retidos na purificação destes, através de uma geomembrana polimérica, como fonte de energia elétrica, utilizados na manutenção de entidades que usufruem de energia para funcionar.

**Palavras-chave:** Esgoto; Tratamento; Energia; Geomembrana.

### **ABSTRACT**

The expected energy depletion has led companies and public entities to seek new forms of power generation to keep their engines working. The threat of disability on the planet to continue sustaining the standard of living of the century XXI, it has brought a recent concern, however, very questionable at the international level: sustainability which aims to add development to preserve the environment. The effluent treatment is an activity of concern given that most cities have not taken this practice seriously being evicted volumetric considerable amounts of industrial and domestic sewage in rivers, streams, and seas represent a very high level of pollution and risk of health for the population in general. It is in this context, that the present proposal aims the technological and social growth from maintaining proper environmental conditions the inclusion of waste in the production cycle using sustainable techniques such as wastewater treatment eliminating its use of pollutants and solid waste retained the purification of these through a geomembrane polymer as a source of electrical energy used in the maintenance of entities that enjoy power to operate.

**Keywords:** Sewage treatment; Energy; geomembrane.

### **INTRODUÇÃO**

Ao longo dos séculos, o mundo passou por diversas transformações atuadas pelo homem, que busca incansavelmente melhorar sua qualidade de vida, usufruindo de todos os recursos naturais disponíveis. À medida que novas tecnologias foram empreendidas, sobretudo com o desenvolvimento da indústria, o mundo encarnou uma fase crescente de contingente populacional e produtivo em vários setores. Essa fase desenfreada assumiu um processo

degradativo do meio ambiente que tem sido proporcional à sua evolução, restringindo a disponibilidade de recursos naturais não-renováveis, que representam fontes de energia indispensáveis a nossa economia. Tomando consciência de quão são negativos estes fatores para a manutenção da vida na terra, surge à necessidade do desenvolvimento sustentável em favor da preservação dos recursos naturais. Para tanto, diversos setores científicos tem levantado pesquisas voltadas a reutilização de matérias orgânicas e inorgânicas, depositadas no meio ambiente na forma de detritos. A preocupação com resíduos oriundos das atividades industriais e domésticas e, sua inserção, novamente, no ciclo produtivo tem sido práticas recentes em diversos lugares do mundo.

A adoção de políticas de incentivo para o reaproveitamento dos resíduos domésticos e industriais presentes em esgotos e lixões pode reduzir a quantidade de matérias-primas extraídas de jazidas não-renováveis e, conseqüentemente, diminuir o impacto ambiental pela transformação destes em energia e reaproveitamento.

Os esgotos constituem um sério problema civil, pois além de impactar o meio ambiente, ainda são fonte de proliferação de doenças provenientes de insetos, roedores e outras pragas que ali se desenvolvem. A reutilização deste implica numa linha de purificação e geração de energia. Um grupo de pesquisadores da Universidade Nacional Autônoma do México (Unam) desenvolveu um método para gerar hidrogênio com ajuda de bactérias utilizadas no tratamento de esgoto. A tecnologia desenvolvida pela equipe de engenheiros, liderados pelo pesquisador Germán Buitrón, aproveita os subprodutos do processo de tratamento da água residual para obter energia de maneira sustentável.

Nota-se aqui, que a utilização de resíduos sólidos presentes no esgoto, para geração de energia é uma alternativa poderosa num século em que cada vez mais se faz uso de tecnologia para agregar desenvolvimento à sustentabilidade.

Neste contexto, este artigo apresenta um estudo das técnicas que tem sido desenvolvidas em vários lugares do mundo para estabilizar um padrão econômico crescente e, sobretudo ecológico, contendo a discussão dos resultados provenientes das análises da composição química do esgoto, do biogás e dos gases de exaustão, além da descrição dos sistemas de tratamento e de armazenamento do esgoto utilizado como fonte de energia, com o objetivo de proporcionar a melhoria do desempenho global do tratamento do esgoto, reduzindo a emissão de gases efeito estufa, colaborando para aumentar a eficiência energética da estação de tratamento e, conseqüentemente, a viabilidade do saneamento básico no País.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **Desenvolvimento sustentável**

O desenvolvimento sustentável é definido como o crescimento tecnológico e social que garante a manutenção adequada das condições ambientais tanto no presente, quanto no futuro. Este conceito visa promover o equilíbrio entre a integridade dos sistemas naturais e o suprimento das necessidades humanas, permitindo a continuidade desta inter-relação (MEDEIROS, 2006).

Na concepção de Ferreira (2003) o processo de gestão ambiental leva em consideração todas aquelas variáveis de um processo de gestão, tais como o estabelecimento de políticas, planejamento, um plano de ação, alocação de recursos, determinação de responsabilidades, decisão, coordenação, controle, entre outros, visando principalmente ao desenvolvimento sustentável. Uma decisão ambiental, em seus diversos níveis, envolve variáveis complexas e alternativas de ação nem sempre fácil de aceitação pelos sócios, conselheiros ou pelas diretorias.

Os impactos ambientais ocasionados pela ação do homem sobre a natureza vêm crescendo vertiginosamente nos últimos anos em decorrência do desenvolvimento tecnológico. Como conseqüência, ocorre um aumento no consumo de matérias-primas e na produção de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos.

Com o desenvolvimento industrial e de novas tecnologias, o crescimento e concentração populacional em centros urbanos e a diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos e esgotos se transformaram em graves problemas urbanos com o gerenciamento oneroso e

complexo devido a grande extensão de verdadeiros rios poluídos de dejetos, principalmente após 1980. Estes problemas são causados pelo mau planejamento das cidades, cujo saneamento básico é em suma deficitário, não abrangendo estações de tratamento e reaproveitamento que garantem uma boa qualidade de vida a seus habitantes.

Para tanto, se faz necessário tomar-se medidas ecologicamente viáveis para o destino desses “rios sujos” que contaminam o meio ambiente, sendo uma solução viável a criação de sistemas de tratamentos e purificação. Vale ressaltar que esta prática não é nova, pois vem sendo testada em alguns países como México, Bolívia entre outros.

### **Esgoto**

Também chamado dejeito, o esgoto é grande gerador de poluição e de transmissão de doenças. Quando jogado diretamente no meio ambiente, gera odor forte e fétido, além de conter bactérias nocivas, como as coliformes fecais (*Escherichia coli*), causadoras de enfermidades, o que significa que a água por elas infectada se torna um risco para a saúde pública.

Esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, o comercial, o industrial e o agrícola, entre outros. O doméstico representa parcela muito significativa dos chamados esgotos sanitários e provêm, principalmente, de residências e edificações públicas e comerciais.

Apesar de variarem em função dos costumes e condições socioeconômicas das populações, os domésticos têm características bem definidas, pois são resultado dos hábitos higiênicos e das necessidades fisiológicas do ser humano. Compõem-se, basicamente, de águas de banho e de lavagem, urina, fezes, restos de comida, sabão e detergentes. A quantidade produzida varia de 90 a 210 litros/dia/habitante.

De modo geral, todo esgoto sanitário possui 99,9% de água e 0,1% de sólidos (70% de sólidos orgânicos, como proteínas, carboidratos e gorduras, e 30% de sólidos inorgânicos, como areia, sais e metais). A água nada mais é do que um meio de transporte das inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente, sendo os sólidos responsáveis pela deterioração da qualidade da água.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, revelam que no Brasil apenas 49% do esgoto produzido são coletados por meio de redes e destes somente 10% são tratados. As regiões metropolitanas e grandes cidades produzem elevados volumes, que são despejados sem tratamento nos rios, mares e lagos, ocasionando o grave problema da poluição das águas. Uma das soluções reside na implantação de estações de tratamento de esgoto (ETEs), que removam os principais poluentes presentes nas águas residuais.

O esgoto contém sólidos suspensos e produtos químicos que afetam o ambiente, como, por exemplo, nitrogênio e fósforo, que, sendo fertilizantes, favorecem o desenvolvimento de algas, cujo crescimento excessivo pode impedir a penetração da luz do sol e sujar a água; o material orgânico que as bactérias do ambiente decompõem necessita de oxigênio, cuja insuficiência na água pode ocasionar a mortandade de peixes; os sólidos suspensos no esgoto tornam a água escura e podem prejudicar a respiração e visão de peixes. O crescimento das algas, a redução do oxigênio e a escuridão destroem a capacidade de um rio ou lago de manter a subsistência de animais e de outras formas de vida.

### **Esgotos domésticos**

Os esgotos oriundos de uma cidade e que contribuem à estação de tratamento de esgotos (ETE) são basicamente originados de três fontes distintas: esgoto doméstico (incluindo residências, instituições e comércio), águas de infiltração e despejos industriais. Os esgotos domésticos como citado anteriormente contêm aproximadamente 99,99% de água e 0,1% de sólidos, sendo essa última fração composta de sólidos orgânicos como proteínas, carboidratos e lipídeos; sólidos inorgânicos como amônia, nitrato, ortofosfatos; microrganismos com bactérias, fungos, protozoários, vírus e helmintos etc. (VON SPERLING, 1996).

### **Saúde pública**

O conjunto de transformações produzidas pelo desenvolvimento da humanidade, principalmente no século XX, melhorou as condições de saúde em geral. Em todo o planeta, houve aumento da expectativa de vida para 65 anos, em média, e as taxas de mortalidade de crianças com idade inferior a cinco anos diminuíram (PHILIPPIS Jr. e MALHEIROS, 2005).

Essas mudanças nos padrões de consumo, principalmente na segunda metade do século XX aumentaram a demanda por recursos naturais, como no caso da água, cujo consumo no período de 1900 a 1995 aumentou seis vezes (WRI, 2000). A geração de resíduos sólidos e líquidos também seguiu a mesma tendência, além do aumento com o desenvolvimento tecnológico, também foram se alterando as características físico-químicas desses resíduos, representando aumento do potencial de poluição e contaminação de recursos naturais (PHILIPPIS Jr. e MALHEIROS, 2005).

A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento (LIBÂNIO et al., 2005).

No atual estágio do conhecimento científico, torna-se redundante reafirmar a importância dos esgotos sanitários na transmissão de diversos organismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos), via contaminação de águas utilizadas para recreação, fontes de abastecimentos de água para o consumo humano e irrigação e etc. (GONÇALVES, 2003).

A poluição dos recursos hídricos pelo lançamento de esgoto doméstico pode impactar os indicadores de agravo à saúde e, portanto, aumentar a demanda por serviços de saúde, e absentismo a força de trabalho; aumentar os custos dos sistemas de tratamento de águas para o abastecimento para fins residências e industriais.

### **Eutrofização**

O maior fator de deterioração do meio ambiente está, no entanto, associado aos esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de N e P através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (VON SPERLING, 1996).

Há, portanto, uma grande elevação do aporte de N e P ao lago ou represa, trazendo, em decorrência, uma elevação nas populações de algas e outras plantas. Dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo uma série de problemas, como detalhado no item seguinte. Em um período de elevada insolação (energia luminosa para a fotossíntese), as algas poderão atingir superpopulações, constituindo uma camada superficial, similar a um caldo verde (VON SPERLING, 1996).

Esta camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas situadas nestas regiões. A morte destas algas traz, em si, uma série de outros problemas. Estes eventos de superpopulação de algas são denominados floração das águas.

### **Sistema de esgoto sanitário**

As principais unidades componentes de um sistema de esgoto sanitários são:

**Rede Coletora:** Trata-se das tubulações que recebem os esgotos gerados nas residências, estabelecimentos comerciais e industriais, etc. É implantada sob via pública ou passeios, sendo dotada de poços de visita, para inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Há predominância na utilização de tubulações de 150 mm.

**Interceptores:** São tubulações implantadas ao longo dos cursos d'água, que têm as funções de receber os esgotos coletados pelas redes coletoras e conduzi-los ao emissário ou diretamente às estações de tratamento. São assim denominados por interceptar ou impedir que os efluentes das redes coletoras sejam lançados nos rios ou córregos sem tratamento.

**Emissário:** tubulação que conduz os esgotos dos interceptores à Estação de Tratamento.

**Elevatórias de Esgoto:** são estações de recalque concebidas para bombear os esgotos de uma cota inferior para pontos mais elevados. Faz-se necessário implantá-las nos bairros situados em cota mais baixa, com a finalidade de conduzir os esgotos para a Estação de Tratamento de Esgotos ou mesmo para redes coletoras.

**Reservatórios de Tratamento de Esgotos:** destina-se à depuração dos esgotos produzidos na cidade. Existem vários processos de tratamento a serem selecionados em função dos seguintes fatores: tamanho da população, condições climáticas da região, área disponível para a estação, grau de poluição dos esgotos, porte do corpo receptor, etc (VON SPERLING, 1996).

**Emissário Final:** canalização que conduz os efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos, já despoluídos, ao corpo receptor, que pode ser córrego, rio, lago, etc.

**Níveis de tratamento do esgoto sanitário.** As principais unidades componentes de um sistema de esgoto sanitários são:

**Primário:** remove poluentes que podem causar problemas operacionais na planta ou aumentar o serviço de manutenção de equipamentos; removendo parte dos sólidos em suspensão sedimentáveis e parte da matéria orgânica, utiliza-se opções físicas como peneiramento e sedimentação.

**Secundário:** remove à matéria orgânica, sólidos em suspensão e dissolvidos, a desinfecção também pode ser incluída. São utilizados principalmente os processos de tratamento biológico, como lodo ativado, lagoas de estabilização e etc.

**Terciário:** maior eficiência na remoção de nutrientes, principalmente fósforo e o nitrogênio e também de compostos tóxicos ou não biodegradáveis, osmose reversa, troca iônica e etc. (PHILIPPIS Jr. e MALHEIROS, 2005).

#### **Tratamento de águas residuárias**

O tratamento de águas residuárias é realizado por meio de operações físicas unitárias e processos químicos e biológicos, que são agrupados de forma a compor o sistema, cujo nível de tratamento dependerá do conjunto adotado (PHILIPPIS Jr. e MALHEIROS, 2005).

Operações físicas unitárias são métodos de tratamento nos quais predominam a aplicação de processos físicos, como gradeamento, mistura, sedimentação, flotação e filtração (HENZE et al. 1995).

Já os processos químicos são métodos de tratamento em que a remoção ou conversão dos poluentes se faz pela adição de produtos químicos ou outras reações químicas, como desinfecção e precipitação e adsorção por leito de carvão ativado (HENZE et al. 1995).

Os processos biológicos dependem das condições em que se realiza a atividade biológica para a remoção de poluentes, como o processo de estabilização da matéria orgânica no qual os microrganismos se alimentam convertendo a matéria orgânica em gases, água e outros compostos inertes, além de tecido celular biológico que decanta como lodo (METCALF e EDDY, 1991). Esses processos podem ser também utilizados para remover nutrientes, principalmente dos compostos que contêm nitrogênio e fósforo (PHILIPPI Jr., 2005). De forma geral, os tratamentos biológicos podem ser utilizados na maioria dos projetos de tratamento de águas residuárias, mas em caso de efluentes tóxicos ou de baixa biodegradabilidade os processos físico-químicos mostram-se mais adequado.

#### **Tipos usuais do tratamento dos esgotos**

**Fossas sépticas.** Tratamento primário de esgoto, tipo biológico com eficiência de remoção de 70% a 80%, onde a velocidade e a permanência do líquido na fossa permitem a separação da fração sólida do líquido, proporcionando digestão limitada da matéria orgânica e acúmulo dos sólidos (HENZE et al., 1995).

**Sumidouros.** São unidades capazes de receber a parte líquida proveniente das fossas sépticas e têm a função de permitir sua infiltração no solo.

**Tanques Imhoff.** Unidades compactas, possuindo em um mesmo tanque, as unidades de decantação e digestão do lodo, dispostas de tal maneira que um processo não interfira no outro.

**Filtros biológicos.** O tratamento em filtros caracteriza-se pela alimentação e percolação contínua de esgotos através de um meio suporte, comumente constituído de pedras ou pedregulhos. A passagem constante de esgotos nos interstícios promove o crescimento e a aderência de massa biológica na superfície do meio suporte, realizando desta forma a clarificação dos esgotos (HENZE et al., 1995).

**Lagoas de estabilização.** As lagoas de estabilização são grandes tanques escavados no solo, nos quais os esgotos fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas são os seres vivos que habitam as lagoas, coexistindo em um processo de simbiose e, desta forma, tratam-se os esgotos através da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias. Conforme o processo biológico que nelas ocorre, as lagoas são classificadas como:

**Lagoas anaeróbias.** Nelas ocorrem simultaneamente os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, não havendo oxigênio dissolvido. No fundo permanece um depósito de lodo e na superfície formam-se bolhas de gás resultantes da fermentação do mesmo. Estas lagoas admitem cargas elevadas, reduzindo-as em cerca de 50%, sendo, portanto comumente utilizadas como lagoa primária de uma série de lagoas (VON SPERLING, 1996).

**Lagoas aeróbias.** Projetadas de maneira a existir oxigênio dissolvido em toda massa líquida, ocorrendo apenas o processo aeróbio. Ocupam áreas maiores que outros tipos de lagoas, sendo por isso, pouco utilizadas (VON SPERLING, 1996).

**Lagoas facultativas.** Operam em condições intermediárias entre as aeróbias e anaeróbias, coexistindo os processos encontrados em ambas. O princípio de funcionamento já foi descrito anteriormente (VON SPERLING, 1996).

**Lagoas de maturação.** Sua finalidade principal é a remoção de organismos patogênicos, sólidos em suspensão e nutrientes. São utilizadas após o tratamento secundário dos esgotos, realizados em lagoas ou não, com o propósito de melhorar a qualidade do efluente.

**Lagoas aeradas.** O oxigênio a ser utilizado no processo biológico é introduzido mecanicamente através de aeradores, com a finalidade de manter a concentração de oxigênio dissolvido em toda ou parte da massa líquida, garantindo as reações bioquímicas que caracterizam o processo. (VON SPERLING, 1996).

**Tratamento por lodos ativados.** O processo dos lodos ativados é biológico e o nível e secundário, a eficiência de remoção de DBO é de 80 a 90%. Nele o esgoto afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados em unidades chamadas tanques de aeração, para logo após se separarem em decantadores (RICH, 1980).

**Princípios das estações de tratamento.** O princípio das estações de tratamento é dar uma turbinada no processo natural de limpeza que qualquer rio faz. Todo curso d'água possui bactérias que se alimentam da matéria orgânica do esgoto e ajudam a eliminar a sujeira. Mesmo o comalido Tietê, um dos rios mais poluídos do mundo, consegue eliminar boa parte das 400 toneladas de esgoto que recebe por dia. Cerca de 200 quilômetros depois de receber toda a sujeira da Grande São Paulo, ele volta a ter peixes e condições para a prática de esportes aquáticos. "A diferença é que uma estação de tratamento faz o serviço muito mais rápido. Como ela possui microrganismos em concentração milhares de vezes superior à de um rio, dá para reproduzir em algumas centenas de metros a mesma limpeza que um rio demora até 140 quilômetros para fazer", afirma o químico Moacir Francisco de Brito, da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Para diminuir as impurezas presentes no esgoto, o trabalho envolve ao menos cinco etapas até que a água possa ser devolvida ao ambiente. A idéia é começar barrando a sujeira visível a olho nu - de geladeiras a fios de cabelo -, depois eliminar grãos de terra, partículas em suspensão e por fim atacar as impurezas solúveis na água. "O tratamento remove até 95% desses dejetos, fazendo com que a água possa ser usada na limpeza de ruas, na irrigação, ou ser devolvida sem perigo aos rios", diz Moacir. A tarefa é demorada e cara, mas vale a pena se for

encarada como um investimento a longo prazo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que, a cada dólar aplicado em saneamento e tratamento de esgoto, economizam-se cinco dólares em atendimento médico. No Brasil, onde só 16% dos esgotos urbanos são tratados, quatro em cada cinco doenças são causadas por água ou esgoto sem tratamento adequado.

1 - Na purificação turbinada o segredo é reproduzir o processo de limpeza natural de um rio, só que bem mais rápido: A primeira etapa do tratamento é barrar o lixo sólido que vem junto com o esgoto. Para reter o material pesado, duas linhas de grades (a primeira com dez centímetros de espaço entre as barras e a segunda com dois centímetros) impedem a entrada de tocos de madeira, garrafas de refrigerante, pedaços de papel e fios de cabelo que chegam por uma impressionante tubulação de 4,5 metros de diâmetro.

2 - A fase seguinte, chamada de desarenação, serve para retirar a terra e a areia que se misturam à sujeira. No fundo de uma grande caixa, um tubo joga ar na água, fazendo com que as partículas em suspensão formem uma espiral e se depositem no fundo. A retenção também evita que o atrito dos sedimentos estrague as bombas que impulsionam o líquido no tratamento.

3 - Pequenos grãos de dejetos e de fezes são eliminados na chamada decantação primária. Por serem mais densos, esses tipos de resíduo tendem a ficar acumulados no fundo do tanque. Em seguida, uma pá que se move lentamente empurra a massa sólida para uma espécie de ralo. De lá, esse lodo segue para outro setor do sistema de tratamento, podendo se transformar em adubo ou ser usado para gerar energia.

4 - A água do esgoto inicial, ainda suja, vai para o tanque de aeração, habitado por uma rica fauna de bactérias e considerado o coração da estação de tratamento. Lá, um tubo injeta microbolhas de ar, que ativam a voracidade desses microorganismos. Alimentando-se da matéria orgânica dissolvida no esgoto, os bichinhos do tanque comem a sujeira em uma velocidade milhares de vezes maiores do que em um rio.

5 - O líquido que sai do tanque de aeração está quase limpo, mas ainda sobraram as bactérias. Por sorte, elas também são mais densas que a água e se agrupam no fundo do tanque. Aí começa a chamada decantação secundária: em tanques redondos, uma pá giratória separa os microorganismos da água limpa e manda-os de volta ao tanque de aeração.

6 - Depois de tratada, a água que sai da estação está pronta para ser devolvida ao rio. A eficiência do processo é grande: no total, algo em torno de 90 a 95% da carga orgânica chega a ser removida. Além disso, a concentração de oxigênio pode até ajudar na limpeza dos cursos d'água, dando uma forcinha para que a natureza se encarregue do resto da tarefa.

7 - Mesmo que o produto final seja uma água bem mais limpa, ela ainda apresenta alguns organismos causadores de doenças. Para ser reutilizada, ela é filtrada e clorada em uma estação de utilidades. Depois disso, a água serve para irrigação e uso industrial, mas ainda não é potável. Nesse ponto, sua qualidade equivale à das represas usadas para o abastecimento das cidades.

## **TRATAMENTO DO ESGOTO PARA GERAR ENERGIA**

Atualmente, pesquisas têm sido desenvolvidas em favor da geração de energia através do tratamento de esgotos, um exemplo é o Instituto de Eletrotécnica e Elétrica da Universidade de São Paulo que vem fazendo a experiência de tratar o esgoto do conjunto residencial da USP e do restaurante do Campus, por meio do processo de digestão anaeróbia, cujos principais produtos são biogás (composto basicamente de metano) e lodo, além do efluente com carga reduzida de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

O aproveitamento do biogás, produto do tratamento de esgoto, para geração de energia elétrica ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por acentuada concentração de gás metano (CH<sub>4</sub>), cerca de 24 vezes superior ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), no que se refere ao efeito estufa.

Para que o biogás possa ser utilizado como combustível, seja em motores, turbinas a gás ou microturbinas, é necessário identificar sua vazão, composição química e poder calorífico, parâmetros que determinam o real potencial de geração de energia elétrica, além de permitir

dimensionar os processos de pré-tratamento do biogás, como a remoção de H<sub>2</sub>S (ácido sulfídrico) e da umidade, com o propósito de evitar danos aos equipamentos da instalação e aumentar seu poder calorífico. O biodigestor utilizado no projeto em questão opera 24 horas por dia e sua produção estimada de biogás corresponde a 5,3 m<sup>3</sup> por dia, considerando-se uma vazão média de esgoto de 3 m<sup>3</sup> por hora. Este equipamento era empregado somente para pesquisas referentes ao pré e pós-tratamento do efluente (esgoto). O biogás gerado era emitido para a atmosfera sem ser tratado, atualmente este é armazenado, para posteriormente, ser queimado num motor ciclo Otto, com a finalidade de demonstrar a possibilidade de geração de energia elétrica a partir do mesmo (COELHO, *et al* 2004).

O Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) é um biodigestor que, segundo Souza (1982), consiste basicamente de um tanque no fundo do qual se localiza o sistema biodigestor propriamente dito e, na parte superior, existe um sedimentador precedido de um sistema para a separação do gás. O resíduo líquido a ser tratado é distribuído, uniformemente, no fundo do reator e passa através de uma camada biológica de lodo, que transforma o material orgânico em biogás.

É uma opção bastante interessante que vem sendo mais e mais empregada. Estes reatores se baseiam no princípio de separação das fases sólida, líquida e gasosa, fazendo com que o lodo se acumule e se mantenha no tanque de tratamento, com tempos de residência celular bastante superiores aos tempos de residência hidráulica.

Os reatores RAFA são sistemas compactos e de alta taxa digestão, indicados para a recuperação eficiente do gás metano. Este foi o modelo utilizado no estudo de caso apresentado por Coelho (Figura 1).



Figura 1 – Biodigestor Modelo RAFA.  
(COELHO *et al*, 2003 a.).

### **Biogás**

Biogás é uma mistura resultante da fermentação anaeróbia de material orgânico encontrado em resíduos animais e vegetais, lodo de esgoto, lixo ou efluentes industriais, como vinhaça, restos de matadouros, curtumes e fábricas de alimentos (GIACAGLIA; SILVA DIAS, 1993). A composição típica do biogás é cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY; HAGEN, 2000). Dependendo da eficiência do processo, influenciado por fatores como carga orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, o biogás pode conter entre 40% e 80% de metano.

### Tecnologias de conversão

Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética do biogás. Entende-se por conversão energética o processo que transforma um tipo de energia em outro. No caso do biogás a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica ativa um gerador que a converte em energia elétrica.

Há de se mencionar, também, o uso da queima direta do biogás em caldeiras para cogeração e do surgimento de tecnologias remanescentes, porém não comerciais, atualmente, como a da célula combustível. As turbinas a gás e os motores de combustão interna do tipo “Ciclo – Otto” ainda são as tecnologias mais utilizadas para esse tipo de conversão energética.

Desta forma, o objetivo da PUREFA foi desenvolver uma técnica capaz de captar, purificar, e, armazenar biogás e utilizá-lo como combustível na geração de energia elétrica. Para tal, foi utilizado um biodigestor modelo RAFA (Figura 1), com 6 metros de altura e volume útil de 25 m<sup>3</sup>, já existente no CTH, em pleno funcionamento e que é alimentado com efluente líquido gerado no CRUSP. Antes de ser tratado no biodigestor, o efluente passa por um sistema de pré-tratamento, composto por: caixa de areia, calha *Parshall*, tanque de acumulação e bomba, que provoca seu deslocamento até o biodigestor (Figura 2).



Figura 2 – Sistema de Pré-Tratamento do Efluente.  
(COELHO et al, 2003 a).

Esta iniciativa foi principiada pelo grupo SAGUAPAC, em Santa Cruz, na Bolívia, indicada como pioneira na queima de biogás proveniente do tratamento de efluentes, que visa trazer muitos benefícios para a comunidade, pois o projeto permite a eliminação de odores e do gás metano, principal agente de aquecimento global que afeta o planeta. Assim, numa primeira fase desse ambicioso projeto, a Saguapac visa cobrir suas lagoas anaeróbicas com uma **geomembrana** (Figura 3 abaixo) que consiste num material polimérico flexível (em geral PEAD) e impermeável capaz de reter o biogás, subproduto do esgoto como citado no item anterior. Como um segundo passo, na implementação do projeto, uma cooperativa de unidades de pré-tratamento foi instalada em lagoas de estabilização em 2008. Estas unidades de pré-tratamento, tem como objetivo reduzir os sólidos em suspensão e facilitar o processo de limpeza da água.

Em março de 2009, o terceiro passo foi conduzir a instalação de queimadores na **Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)**, localizada ao norte da cidade de Santa Cruz e do Parque Industrial, através do qual o grupo Saguapac começou a queimar o biogás em 16 de março do mesmo ano.



**Figura 3.** Geomembrana-SAGUAPAC.

Para completar a implementação do projeto existe a necessidade de se instalar misturadores (Figura 4) nas lagoas facultativas, o que permitirá a entrada de oxigênio na água para acelerar a decomposição de matéria orgânica e aumentar a capacidade de tratamento de águas residuais.



**Figura 4.** Misturadores- SAGUAPAC.

Essa iniciativa representa um progresso considerável no que se refere à preservação do meio ambiente e desenvolvimento, conferindo ao grupo um lugar de destaque a nível mundial.

## **ESGOTO EM CAMPINA GRANDE**

Campina Grande, cidade situada na região oriental do Planalto da Borborema, no interior da Paraíba, com população aproximadamente de 385 276 habitantes, sendo a segunda cidade mais populosa do estado, apresenta um situação crítica, no que se refere ao tratamento e destino do esgoto produzido por seus habitantes. Uma matéria publicada pela TV itararé, telejornal local, mostrou em dados estatísticos que na cidade em média, é produzido por habitante, cerca de 100 litros de esgoto por dia. O destino do mesmo é preocupante, pois a cidade possui aproximadamente 75% de área coberta de esgotamento sanitário, mas a estimativa é que menos de 20% chegue à estação de tratamento (Figuras 5 e 6) principal, situada no bairro da Catingueira, zona sul. A estação existe desde a década de 70 sendo que o estimado crescimento populacional não foi acompanhado pela evolução de saneamento básico e políticas públicas eficazes para atender toda a população. O esgoto percorre um trecho que sai da estação de estabilização, segue pelo riacho de Bondogogó, chega ao rio Paraíba e deságua na barragem de Acauã. Trecho de risco, pois estudiosos como o professor doutor José Tavares de recursos hídricos e especialista em tratamento de esgotos, afirma que em poucos dias a barragem de Acauã será imprópria para o consumo, uma vez que, o tratamento que o esgoto recebe na estação é de nível primário e insuficiente, ausente de tratamentos carbonáceos e patogênicos, comprometendo a salubridade das águas da mesma.



**Figura 5.** Estação de Estabilização C.Grande/PB TV Itararé.



**Figura 6.** Estação de Estabilização de C.Grande/PB TV Itararé.

Hoje, em torno de 60% do esgoto sanitário urbano produzido na cidade de Campina Grande é lançado diretamente na rede pluvial, sem passar por qualquer tipo de tratamento, estimativa do pesquisador José Americo Bordini do Amaral, especialista em Agrometeorologia. A principal vítima desse processo acaba sendo o riacho Bodocongó, o mais importante córrego da cidade, que depois de absorver toda essa descarga sanitária, segue seu curso em direção à barragem de Acauã. "O consumo urbano de água tratada de Campina Grande, em produção normal, é de 1.250 litros por segundo, podendo-se estimar um retorno médio de 60% das águas residuais, com uma vazão aproximada de 750 litros por segundo, Bordini, também que mais de 95% da composição dos esgotos é de água.

Poluído dessa forma, o riacho Bodocongó viu surgir em suas margens, principalmente na periferia da cidade, diversos plantios irrigados, uma atividade com absorção expressiva de mão-de-obra e geração de alimentos para a população campinense, que, por conta do racionamento, deixou de usar as margens do açude do Boqueirão, passando a utilizar água de péssima qualidade higiênica, inclusive para cultivo de hortaliças. Teoricamente, esse seria um caso de reuso indireto, pois essa água utilizada para irrigação provém de corpo receptor de águas residuais. Entretanto, em épocas de estiagem, esse receptor transforma-se em um esgoto a céu aberto, configurando, na prática, o reuso direto para irrigação, inclusive de hortaliças, impondo um problema sério de saúde pública (Embrapa, 2016).

## CONCLUSÃO

Esgoto é em suma um problema civil muito comum no Brasil e poucas são as iniciativas para solucioná-lo. Rios como o Tietê, são vítimas do descaso público com o destino de efluentes, fato muito preocupante, pois além de comprometer a vida dos organismos que ali habitam, coloca em risco a saúde da população que fica suscetível a agentes causadores de enfermidades que se originam em águas poluídas e não tratadas. O nível de poluição de águas antes propícias ao consumo atingiu índices alarmantes, decorrentes do elevado crescimento

populacional e aumento do consumo tanto no setor industrial quanto no setor doméstico. É notório a necessidades de empreendimentos tecnológicos ecologicamente viáveis que visem o tratamento de efluentes, introduzindo-os novamente no ciclo produtivo, livres de agentes patogênicos, possibilitando a salubridades de ambientes aquáticos. Uma vez que o desenvolvimento está cada vez mais baseado no uso intensivo de energia, necessidades como a distribuição, expansão ou transmissão – qualquer tecnologia adotada, em maior ou menor grau causa impacto ao meio ambiente.

Contudo, através deste foi possível captar a geração de biocombustível atividades em andamento na Bolívia e testada pela USP, através do tratamento do esgoto com uso de geomembranas capazes de reter o gás metano e gerar energia elétrica, de maneira menos impactante. Diante da enorme necessidade que a ciência encontra para promover o desenvolvimento econômico em parceria com a conservação do meio ambiente, as propostas elucidadas acima representam um caminho a ser traçado, pois o Brasil é muito deficiente no que se refere a saneamento básico, qualificar estações de tratamentos e transformar seus resíduos em energia, é um desafio ousado, porém, necessário e possível através do desenvolvimento de tecnologias sustentável e aplicação de políticas públicas.

## REFERÊNCIAS

FBDS - Fundação brasileira para o desenvolvimento sustentável. Desafios ambientais do novo modelo do setor elétrico. Abril de 2005. Série Seminário. Disponível em: <<http://fbds.org.br/>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

FERREIRA, A. C. S. **Contabilidade ambiental**: uma informação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Atlas, 2003.

GRUPO GAGUAPAC. Disponível em: <<http://www.saep-piras.com.br/portal/>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

MEDEIROS, A. S. Incorporação do lodo de tanque séptico como matéria-prima de uma mistura asfáltica. Natal, 2006. <[http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde\\_arquivos/32/TDE-2007-08-22T002158Z-809/Publico/SayonaraAM.pdf](http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/32/TDE-2007-08-22T002158Z-809/Publico/SayonaraAM.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2019.

IBGE - Instituto de Geografia e Estatística. Mapa de Saneamento. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em setembro de 2011. Acesso em: 23 ago. 2019.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater engineering**: Treatment, disposal and Reuse. Nova York: MacGraw-Hill, 1991.

MPO/SEPURB/IPEA. **Demanda, oferta e necessidades dos serviços de saneamento**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 1995. (Série Modernização do Setor Saneamento, 4).

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T.F. Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental. In: **Saneamento, Saúde e Ambiente**. Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável. Barueri: Manole, 2005.

RICH, L.G. **Low-maintenance, mechanically simple wastewater treatment systems**. Nova York: McGraw-Hill; 1980.

VON SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. v. 1.

VON SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. v. 2.

WRI - The World Resources Institute. **People and ecosystems**: the fraying web of life. Nova York: WRI, 2000.

ZORATTO, A. C. A importância do tratamento do esgoto doméstico no saneamento básico. II Forum Ambiental da Alta Paulista. Outubro de 2006 na Estância Turística de Tupã/SP. Disponível em: <<http://www.amigosdanatureza.org.br/noticias/306/trabalhos/126.AU-8.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2019.