

UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA SIMULADOR DE VALA DE INFILTRAÇÃO COM RELAÇÃO À DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM TRATAMENTO DE ESGOTO

RESUMO

O mundo moderno cada vez mais exige que se realize um crescimento sustentável de modo a preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

A manutenção das reservas de água é mais um desafio ao processo moderno de industrialização e geração de alimentos pela agricultura moderna. Frente as constantes pioras na qualidade de água, ocasionada pelo despejo irregular de esgoto sem tratamento, principalmente nos países mais pobres faz com que a engenharia e os centros de pesquisa estudem novas formas de tratamento de esgoto de modo a serem empregadas pela sociedade. Entre essas novas formas, têm-se desenvolvido os sistemas alternativos de tratamento de esgoto por vala de filtração.

As valas de filtração são uma ferramenta interessante, em que se usa a adoção de camadas de espessura granulométrica distinta, de modo que pelo processo de filtração e de adsorção ocorra à eliminação dos compostos químicos. A presente pesquisa utilizou um sistema de três valas de filtração desenvolvido no campo experimental da FEAGRI na UNICAMP para tratamento de esgoto bruto.

Durante cinco semanas foram colhidas amostras no sistema e analisado o padrão de demanda bioquímica de oxigênio. Pode-se constatar que o desempenho percentual na remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para cada vala de filtração foi distinto, variando conforme a espessura do meio suporte de areia adotado.

A vala de filtração com maior camada de areia (0,75 m) obteve uma remoção de DBO na ordem de 80%, enquanto as valas de menor espessura tiveram remoção de 55% (vala de 0,50 m de areia) e 25% para vala com 0,25 m de espessura de areia.

Palavra-chave: Poluição, ciclo hidrológico, esgoto tratado, engenharia civil.

USE OF AN INFILTRATION TRACK SIMULATOR SYSTEM WITH REGARD TO THE BIOCHEMICAL DEMAND FOR OXYGEN (BOD) IN SEWAGE TREATMENT

ABSTRACT

The modern world increasingly demands sustainable growth in order to preserve the environment for future generations.

Maintaining water supplies is another challenge to the modern process of industrialization and food generation by modern agriculture. Faced with the constant deterioration in water quality, caused by the irregular discharge of untreated sewage, especially in the poorest countries, it makes engineering and research centers study new ways of treating sewage in order to be used by society. Among these new forms, alternative filtration trench sewage treatment systems have been developed.

The filtration ditches are an interesting tool, where the adoption of distinct layers of particle thickness is used so that by the process of filtration and adsorption the elimination of chemical compounds occurs. The present research used a three trench filtration system developed in the experimental field of FEAGRI at UNICAMP for treatment of raw sewage.

Samples were taken in the system for five weeks and the biochemical oxygen demand pattern was analyzed. It can be seen that the percentage performance in the removal of biochemical oxygen demand (DBO) for each filtration ditch was different, varying according to the thickness of the adopted sand support medium.

The filtration trench with the largest sand layer (0.75 m) obtained DBO removal in the order of 80%, while the lowest trenches had 55% (0.50 m sand trench) and 25% removal and for a 0.25 m sand ditch.

Keywords: Pollution, hydrological cycle, treated sewage, civil engineering.

1- INTRODUÇÃO

No Brasil cerca de 80% dos esgotos não são tratados, constituindo-se em um dos principais problemas de saúde pública e num grande desafio em relação a essa situação dramática.

Como forma de minimizar os impactos ambientais gerados pelo esgoto não tratado, sistemas alternativos de tratamento são estudados e implementados como alternativa de baixo custo, fácil manuseio e maior simplicidade.

De acordo com Van Haandel *et al.* (2004), esta simplicidade refere-se à aplicação de métodos naturais, simples não sofisticados e com baixo custo de construção e operação, além de viáveis e com sustentabilidade ambiental.

Um dos sistemas de tratamento de esgoto que têm sido pesquisados, atualmente no Brasil é o que utilizam o processo anaeróbio, por ser de baixo custo e podem gerar energia para ser reaproveitada.

No entanto, esses sistemas ainda necessitam de pesquisas para atingir um grau maior de eficiência, por não atender os limites estabelecidos no lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005) do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Por isso há a necessidade de melhorar a eficiência final dos sistemas conjugados através de outras unidades de pós-tratamento, enquadrando as valas de filtração, valas de filtração, filtros de areia, (sumidouros) poços absorventes e outros.

O intuito da presente pesquisa foi avaliar o comportamento da remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em um simulador em acrílico de vala de filtração de três diferentes tipos de espessuras de camada de areia: 0,75 m, 0,50 m e 0,25 m.

O estudo focou cinco semanas de coletas nas instalações da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e

utilizou a metodologia desenvolvida pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) para análise de DBO.

2- DEMANDA HÍDRICA NO BRASIL

Segundo Lima (1999) em função da dimensão territorial do Brasil, o mesmo apresenta grandes variações relacionadas ao clima, geologia, relevo, vegetação e também de recursos hídricos, desenvolvimento econômico e social e de distribuição da população.

Com base na distribuição das águas superficiais, o território brasileiro comporta 13,7% da água doce do globo terrestre. Ressaltando que as reservas superficiais de água doce no planeta são apenas 0,3% (MELO JÚNIOR *et al.*, 2019).

A maior parte das reservas brasileiras de água doce superficial encontram-se 73% (dos 13,7% em reserva global) na região norte na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população brasileira (LIMA, 1999).

Por outro lado, apenas 27% dos recursos hídricos superficiais brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (LIMA, 1999).

À má distribuição hídrica, ocasiona problemas a possíveis crises de abastecimento nos centros de maior demanda, tendo que os problemas são maiores em bacias hidrográficas onde as retiradas de água superam a disponibilidade hídrica, o que obriga a busca de fontes alternativas de água pela população. Neste contexto, as bacias próximas a grandes centros urbanos são as mais prejudicadas, além de ter a agravante do comprometimento da qualidade das águas devido à urbanização descontrolada, que ocasiona o aumento nos custos de tratamento e restringe os usos da água (ANA, 2005).

Já no meio rural, as principais interferências aos recursos hídricos se dá pela destruição das áreas de vegetação permanentes, pela utilização indiscriminada de agrotóxicos e de fertilizantes e pela má destinação dos dejetos animais e humanos. Todos esses contaminantes são carregados pela água com as partículas de solo ou são depositados diretamente nos mananciais hídricos superficiais (GONÇALVES, 2003).

Segundo Gonçalves (2003) um dos grandes limitadores de produtividade das culturas é a oferta de água. Assim, o uso de tecnologias voltadas à irrigação das culturas aumenta cada vez mais e com ela vem um maior consumo de água, um aumento no número de barragens, de reservatórios, de exploração de rios e até mesmo de água subterrânea. Além disso, na agricultura o desperdício de água é muito grande, principalmente na irrigação de culturas, quando se utiliza sistemas por sulcos ou por inundação. Desta forma, em termos quantitativos, a agricultura se torna a grande usuária dos recursos hídricos.

2.1 Água e seu uso econômico

Segundo Luna (2007), cientistas e pesquisadores calculam que entre 0,7% e 2% de todo o volume seja de água doce, tido como presente em $\frac{3}{4}$ da superfície terrestre esteja disponível para uso na agricultura, na indústria, no setor de serviços e para

consumo humano. Na abordagem ao processo de manutenção da água no planeta, observa-se a descrição seguinte: Vem de muitas décadas o interesse dos economistas pela água. Debruçados sobre as fontes de recursos naturais e riquezas, muitos cientistas econômicos se dedicaram a dimensionar a escassez e calcular o impacto da exploração descontrolada de reservas disponíveis na natureza. Hoje, teses e monografias estão brotando nos centros de pesquisas e universidades descrevendo uma realidade preocupante (MARTINS, 2003).

No mundo inteiro, novas tecnologias permitem a desaceleração controlada do consumo perigosamente rápido dos recursos, estes finitos, mas que podem criar sérios riscos, tais como novos tipos de poluição e o surgimento de novas variedades de formas de vida, que alterariam os rumos da evolução. Enquanto isso, as indústrias que mais dependem de recursos do meio ambiente, e que mais poluem, multiplicam-se com grande rapidez no mundo em desenvolvimento (GEO MÚNDI, 2007).

Martins (2003) comenta que a agricultura brasileira é vista como a atividade humana que mais consome água potável e, somada à pecuária e à siderúrgica, permite interpretar o país como um grande exportador de água, com quase 95% das exportações brasileiras assentadas sobre atividades econômicas que dependem da água.

Os dados apresentados por Martins (2003) clarificam esta informação: a produção de um quilo de frango requer 20 litros de água; cada tonelada de aço produzida consome 2.000 de litros de água. Um quilo de carne corresponde a 18.000 litros de água que foram fornecidos direta ou indiretamente ao animal que lhe deu origem até a carne estar pronta para o consumo. A produção de uma tonelada de milho requer 1,6 milhão de litros de água, assim como 2,4 milhões de litros para uma tonelada de borracha sintética e 1,3 milhão para uma tonelada de alumínio. Deste modo, enquanto a agricultura consome 73% da água disponível no planeta, atendendo às necessidades de irrigação, a indústria consome 22% do total, e o uso doméstico apenas 5%.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) “o número de torneiras para cada 1.000 habitantes é um indicador mais confiável para a saúde do que o número de leitos hospitalares” (GEO MÚNDI, 2007).

Luna (2007) afirma ainda que, todas as atividades econômicas se desenvolvem com a presença de água, o que faz com que a água deixe de ser vista como recurso natural e passe à condição de mercadoria, sujeita à disponibilidade ou escassez.

3 - VALAS DE FILTRAÇÃO

Segundo a Norma NBR 13.969 (1997), as valas de filtração são processo de tratamento disposição final de efluente anaeróbio que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação) devido aos microrganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sem necessidade de operação e manutenção complexas.

De acordo com Jordão (2005), o sistema de valas de filtração consiste em um conjunto de canalizações, assentado a uma profundidade racionalmente fixada, em um

solo cujas características permitam a absorção do esgoto efluente do tanque séptico conectada ao sistema.

A percolação do líquido através do solo permitirá a mineralização dos esgotos, antes que o mesmo se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície que se deseja proteger.

O sistema vala de filtração se diferencia do filtro de areia (Filtração/Percolação) por não possuir área superficial exposta ao tempo, sendo este construído no próprio solo, podendo ter suas paredes impermeáveis.

A vala de filtração é constituída de condutos não estanques (usualmente tubos perfurados) envolvidos com britas e alinhada no seu interior. São recobertas com solo local e tem uma baixa declividade em sua extensão.

O conduto distribui o efluente ao longo da vala, propiciando sua filtração subsuperficial. Como utiliza o solo como meio filtrante, seu desempenho depende das características do solo, assim como seu grau de saturação por água.

De acordo com Coraucci Filho *et al.* (2001), as valas de filtração são aplicadas com vantagens, quando a camada superficial do solo tem maior capacidade de filtração que as camadas inferiores, ou quando o aquífero encontra-se em grande profundidade, propiciando maior proteção sanitária. Levando-se em consideração a utilização do solo com meio filtrante, o desempenho das valas depende das características deste meio.

Para a disposição no solo devem-se proceder duas análises do local: a primeira é qualitativa e serve para determinar qual o tipo de solo e a profundidade do lençol freático e camadas impermeáveis.

A segunda é quantitativa, que é a medida de capacidade de filtração do solo, ou seja, sua permeabilidade.

Para tanto, sua utilização deve ser precedida por avaliação técnica para observação dos seguintes parâmetros (CORAUCCI FILHO *et al.* 2001):

- A característica do solo onde a vala de filtração será instalada;
- O nível máximo do aquífero e a sua distância vertical mínima;
- A manutenção da condição aeróbia no interior da vala;
- A distância mínima do poço de captação de água; e,
- O índice pluviométrico.

Solos que ao longo do tempo têm a sua capacidade de absorção reduzida podendo chegar ao rápido entupimento, devido principalmente a alta concentração de sólidos no efluente de tanques sépticos, melhoram seu rendimento ao receberem efluentes das valas de filtração, pois a remoção de sólidos é alta na camada de areia deste sistema (LOUDON, 1985; *apud* NATALIN JUNIOR, 2002).

3.1 Características Construtivas das Valas de Filtração

A Norma NBR 13.969 (1997) determina que a construção de um sistema de valas de filtração apresenta as seguintes recomendações conforme mostram as ilustrações das Figuras 1 e 2, a seguir.

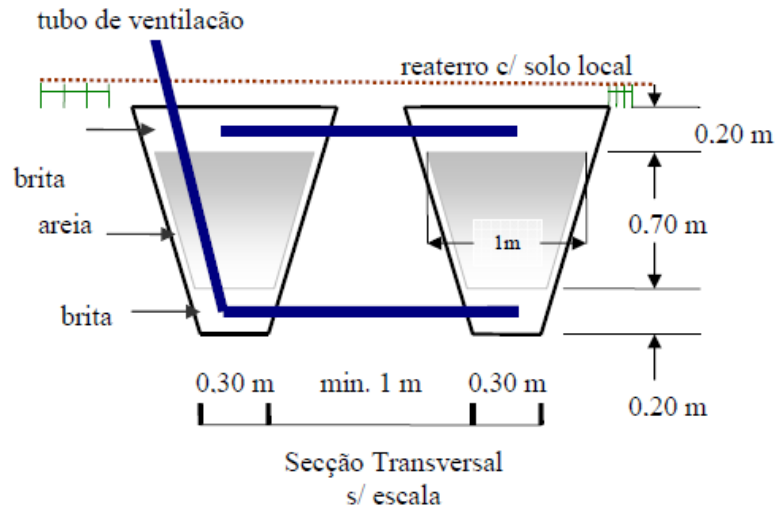


Figura 1: Seção Transversal de uma vala de filtração (NBR 13.969/97).

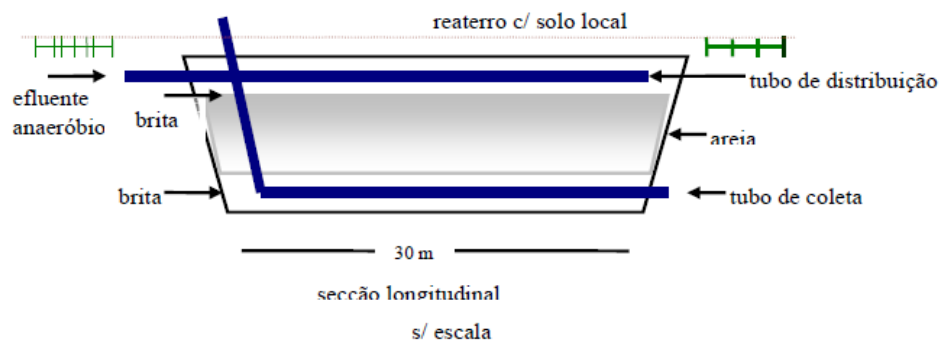


Figura 2: Seção longitudinal de uma vala de filtração (NBR 13.969/97).

Com relação ao projeto de valas de filtração a norma NBR 13.969/97 utiliza os seguintes requisitos:

- Deve-se prever uma sobrelevação do solo, na ocasião de reaterro da vala, de modo a evitar a erosão do mesmo devido às chuvas, dando-se uma declividade entre 3 e 6% nas suas laterais;
- Nos locais onde o terreno tem inclinação acentuada, como nas encostas de morros, as valas devem ser instaladas acompanhando as curvas de nível;
- A camada de brita ou pedra britada, situada acima do leito de areia, deve ser coberta de material permeável, tal como tela fina contra mosquito, antes do reaterro com solo, para não permitir a mistura deste com a pedra, e ao mesmo tempo permitir a evaporação da umidade;

- Com coeficiente de uniformidade¹ inferior a 4. Pois, um meio com alto coeficiente de uniformidade é caracterizado pela desigualdade no tamanho das partículas. Desta forma, leitos de areia com esta característica terão partículas muito próximas entre si, diminuindo a porosidade e a média de área dos poros, além da permeabilidade ao efluente (WILLMAN *et al.*, 1981) a USEPA (1999);
- Dependendo das características geológicas do local, a vala de filtração deve ter as paredes do fundo e lateral, protegido com material impermeável, como por exemplo, mantas de PVC, de modo a não contaminar o lençol freático;
- O leito de areia deve ter 0,70 m de altura e suas partículas devem ter diâmetro efetivo² na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm. Pois, o diâmetro efetiva da areia afeta a taxa de filtração do afluente no leito e a profundidade de penetração da matéria sólida insolúvel. A adoção de um meio com partículas muito grossas proporciona um baixo tempo de retenção do líquido, insuficiente para a completa decomposição biológica. Tal fato propicia um baixo rendimento, porém podem-se adotar altas taxas de aplicação (USEPA, 2002). O uso de areia mais fina possibilita uma efetiva nitrificação e remoção de matéria orgânica, no entanto a quantidade de afluente aplicado é pequena e o filtro entope-se rapidamente (USEPA, 1980);
- As tubulações de drenagem e a de distribuição devem ser envolvidas em uma camada de brita nº 4, ter no mínimo um diâmetro de 100 mm, serem perfuradas e terem declividade entre 1 e 3%; e,
- Deve-se levar em consideração a disponibilidade de material local para diminuir o custo de implantação do sistema, mas sempre tendo como referência os parâmetros da Norma ABNT.

4 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Segundo Oliveira (2005) a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é usualmente definida como a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para estabilizar a matéria orgânica degradável em condições aeróbicas após um tempo determinado e a uma temperatura padrão. O termo degradável pode ser interpretado no sentido de que a matéria orgânica pode servir como alimento para as bactérias e a energia deriva de sua oxidação (SAWYER; McCARTY; PARKIN, 1994).

Para Oliveira (2005) a remoção de DBO é de caráter de “primeira ordem”, ou seja, a velocidade da reação é diretamente proporcional à quantidade de matéria orgânica (substrato) oxidável remanescente em algum tempo, igualmente modificada pela população de organismos ativos. Uma vez que a população de organismos alcançarem um nível no qual ocorrem apenas mínimas variações, a velocidade de reação é controlada pela quantidade de alimento disponível para os organismos.

O processo de estabilização completa da matéria orgânica demora, em termos práticos, vários dias (cerca de 20 dias ou mais para esgotos domésticos). Isto corresponde à Demanda Última de Oxigênio (DBOu). Entretanto para evitar que o teste de laboratório fosse sujeito a uma grande demora, e para permitir a comparação de diversos resultados, foram efetuadas padronizações. Convencionou-se desta forma que a DBO padrão é expressa por DBO_{5 20}, com a análise realizada no 5º dia e que o teste

efetua-se a temperatura de 20° C, já que temperaturas diferentes interferem no metabolismo bacteriano (OLIVEIRA, 2005).

A DBO é geralmente expressa em mg.L^{-1} e representa um dos mais importantes parâmetros no dimensionamento de ETE's (Estação de Tratamento de Esgoto), além de ser fundamental para a caracterização do grau de poluição.

Com relação à origem de DBO, Oliveira (2005) comenta que pode ser tanto natural, matéria orgânica animal e vegetal, ou antropogênica proveniente de despejos domésticos e industriais. A DBO_5 das águas residuárias domésticas possui uma variabilidade muito grande, sendo função do clima da região, fatores sócio-econômicos e culturais da população, estações do ano, comprimento de redes, entre outros fatores.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Estudo de Caso

A pesquisa se concentrou em um sistema simulador em caixa de acrílico com tubulação em PEAD de 0,10 m de diâmetro para a drenagem interna de três tipos distintos de valas de filtração (Figura 3).



Figura 3: Foto de uma das caixas de acrílico com tubulação de dreno interna.

A adoção de tubulação de distribuição do esgoto em tubos de drenagem de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) foi necessária para permitir uma melhor distribuição da tensão superficial gerada pelo líquido e o meio suporte adotado e o processo de percolação (CORAUCCI *et al.*, 2000).

Cada vala de filtração tinha uma camada de 0,20 m de brita 1 de granulometria 9 mm utilizada como meio suporte de alta porosidade e uma camada de areia de granulometria 0,183 mm, com espessura interna distinta para cada caixa de acrílico, sendo de: 0,75 m, 0,50 m e 0,25 m. Esse meio suporte representado pelo sistema de baixa porosidade.

O projeto foi desenvolvido no campo experimental da FEAGRI da UNICAMP.

A pesquisa foi realizada em cinco semanas no mês de julho de 2019 com retiradas semanais de amostras de esgoto antes do tratamento e depois do tratamento em cada vala de filtração.

O estudo propiciou a coleta de 30 amostras no período de estudo, sendo 15 amostras de esgoto bruto (sem tratamento) e 15 amostras de esgoto tratado pelo sistema de vala de filtração.

O ponto central da pesquisa foi a utilização de uma bomba peristáltica na entrada de cada vala para a captação do esgoto bruto a ser utilizado na vala e a regulação de uma taxa hidráulica distinta para cada vala de filtração.

A taxa hidráulica variou conforme a espessura utilizada de areia como meio suporte adicional ao sistema.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os dados descritos com relação ao projeto hidráulico.

Tabela 1 – Denominação do sistema de valas de filtração em estudo.

Vala de filtração	Camada de areia (m)	Taxa Hidráulica (L.m⁻².d⁻¹)
V1	0,75	40
V2	0,50	60
V3	0,25	100

A taxa hidráulica se refere ao tempo de detenção hidráulico (θ_h) escolhido em relação à área da superfície de contato.

Na Tabela 1 pode-se observar a nomenclatura adotada para designar cada vala de filtração, onde V1 corresponde à vala com 0,75 m de espessura de areia; V2 a vala de 0,50 m de espessura de areia e V3 a vala com 0,25 m.

O complexo montado e utilizado no estudo pode ser observado na Figura 4 (a seguir) em que os tanques A (azuis) representam o esgoto bruto de captação que foi levado até o sistema. O esgoto foi retirado por bombeamento do sistema tradicional de esgoto do local.



Figura 4: Sistema geral das valas de filtração.

Pode-se observar pela Figura 4 que as caixas de acrílico tiveram a mesma camada de brita 1, variando a espessura de areia em cada vala de filtração.

O sistema de captação do esgoto tratado foi coletado pelos tanques B (marrons) onde são removidas as alíquotas necessárias para análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

6 - METODOLOGIA DE COLETA

A pesquisa de monitoramento das concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi implementada com retirada de amostras semanais nos tanques A (entrada) e saída do tratamento, contidos nos tanques B (Figura 4).

As amostras para ensaio laboratorial foram armazenadas em garrafas de PET em volume de 500 mL à temperatura de -5°C . Foram colhidas 30 amostras engarrafadas para o período de estudo.

6.1 Análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

As amostras congeladas foram levadas ao laboratório da FEAGRI para análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

O processo adotado de análises foi à metodologia desenvolvida pela SABESP, a partir da Norma NTS 003/97 para análise de DBO_5 .

O método de análise descrito na norma NTS 003/97 é referente à DBO com período de incubação de 5 dias e na temperatura específica de $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, muito utilizada na nomenclatura como $\text{DBO}_{5\ 20}$.

Ao realizar o teste, as amostras foram protegidas do ar de modo a prevenir a reoxidação na medida em que o nível de oxigênio dissolvido diminui. Além disso, por causa da limitada solubilidade do oxigênio na água, esgotos concentrados foram

diluídos para níveis de demanda que não esgotassem todo o oxigênio dissolvido da amostra.

Como é considerado um procedimento de bioensaio é extremamente importante que as condições ambientais durante todo o teste sejam favoráveis para os organismos vivos. Isto significa que o teste deve ser isento de substâncias tóxicas e que devam estar presentes todos os nutrientes necessários para o crescimento bacteriano, tais como, nitrogênio, fósforo e concentrações traços de certos elementos. Portanto é importante que uma população de organismos, comumente chamada de “semente”, esteja presente no teste.

O teste de $\text{DBO}_{5\ 20}$ pode ser considerado um procedimento de oxidação em meio líquido no qual os organismos vivos servem como meio para oxidar a matéria orgânica em dióxido de carbono e água.

Através desta oxidação foi possível interpretar o dado de DBO em termos de matéria orgânica, assim como a quantidade de oxigênio consumido durante a oxidação. Este conceito foi fundamental para entender a taxa na qual a DBO é exercida. As reações de oxidação envolvidas no teste de DBO são resultantes da atividade biológica e as taxas na quais estas ocorreram são governadas preponderantemente pela população de microrganismos pela temperatura.

Os efeitos de temperatura são mantidos constantes em 20°C , que é, de maneira aproximada, a temperatura média dos cursos d'água.

6.2 Preparação do Ensaio Químico da NTS 003

O procedimento de ensaio necessitou de compostos com alto grau de pureza (p.a.) para não haver divergência da análise. Sendo assim foi utilizada a seguinte lista de reagentes:

- Fosfato monobásico de potássio, KH_2PO_4 ;
- Fosfato dibásico de potássio, K_2HPO_4 p.a.;
- Fosfato dibásico de sódio heptahidratado, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.;
- Cloreto de amônio, NH_4Cl p.a.;
- Sulfato de magnésio heptahidratado, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.;
- Cloreto de cálcio, CaCl_2 anidro p.a.;
- Cloreto férrico hexahidratado $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ p.a.;
- Hidróxido de sódio, NaOH p.a.;
- Ácido sulfúrico, H_2SO_4 concentrado p.a.;
- Sulfito de sódio p.a., Na_2SO_3 ;
- Inibidor de nitrificação 2-cloro-6 (tricloro-metil) piridina, p.a.;
- Dicromato de potássio p.a., $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: secando a 103°C por 2 horas;
- Hidróxido de sódio, NaOH p.a.;
- Ácido glutâmico $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ p.a., seco previamente a 103°C por 1 hora;
- Glicose p.a., $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, com secagem a 103°C por 1 hora.

Com os reagentes tomou-se o cuidado de dissolver 8,5 g de KH_2PO_4 p.a., com 21,75 g de K_2HPO_4 p.a. Adicionando-se 33,4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 1,7 g de NH_4Cl p.a. em aproximadamente 500 ml de água deionizada e diluiu-se em 1000 ml. O pH da solução foi ajustado em 7,2; em seguida armazenou-se a solução em frasco âmbar; onde se dissolveu 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 ml, armazenando em frasco âmbar. Posteriormente dissolveu-se 27,5 g de CaCl_2 anidro p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 ml.

O procedimento continuou dissolvendo-se 0,25 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em água deionizada e diluindo-se a 1000 ml, sendo armazenado em frasco âmbar. Dissolveu-se ainda 40 g de NaOH p.a. em água deionizada isenta de CO_2 e diluiu-se a 1000 ml, armazenando-se em frasco plástico opaco. O H_2SO_4 concentrado p.a. foi diluído gradualmente num volume de 28 ml com água deionizada em 1000 ml e armazenado em frasco âmbar.

Uma massa de 1,575 g de Na_2SO_3 foi dissolvida posteriormente a 1000 ml de água deionizada. Uma vez que essa solução é instável foi necessária à preparação diária da mesma.

Com a preparação adequada dos compostos reagentes, introduziu-se um volume de água desmineralizada num frasco de Mariot. Adicionando-se 1 ml de cada solução por litro de água, na seguinte sequência de ensaio: tampão de fosfatos, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico. Deixou-se aerando durante tempo suficiente, para que a concentração de oxigênio dissolvido (OD) fosse saturação. Após este período, desligou-se o aerador e aguardou-se por 30 minutos.

Em seguida 150 mg de $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ p.a. foram adicionados a 150 mg de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ p.a. e diluiu-se a 1000 ml. A solução foi distribuída em frascos de diluição de leite até a marca de aferição e autoclavado a 120°C por 30 minutos. Mantendo-se os frascos graduados no escuro.

As amostras para determinação de DBO foram coletadas em frasco de vidro. Onde o volume necessário foi de 2000 ml. Homogeneizou-se a amostra e retirou-se uma porção em um béquer de 1000 ml; onde se acertou o pH com solução de ácido sulfúrico 0,5 M. Separou-se os frascos de DBO, identificando-os sequencialmente de acordo com o seu conteúdo. Como foi utilizado o método do oxímetro, para medição de oxigênio, foram utilizados 5 frascos, sendo 4 para amostras e 1 para controle.

Os frascos foram preparados seguindo-se a sequência abaixo:

- Frasco 1 (f_1): V1 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 2 (f_2): V2 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 3 (f_3): V3 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 4 (f_4): V4 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco do branco (f_b): preenche-se o frasco com água de diluição.

Os frascos foram tampados e completados com água deionizada, selados e levados à incubadora. Onde após 5 dias foram retirados da incubadora e mensurou-se a concentração de OD final.

6.3 Cálculo dos padrões – Formulação matemática

Os padrões após toda a preparação sem medidos a partir da determinação das equações descritas abaixo na equação 1:

$$DBO = \frac{OD_{inicial} - OD_{final}}{p} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

fn = frasco da amostra com as diluições (n de 1 a 4)

p = fração volumétrica decimal da amostra

Sendo ainda que a função “p” descrita na equação 1 é determinada pela relação abordada na equação 2, abaixo:

$$p = \frac{\text{volume (ml) da amostra introduzida no frasco de DB}}{\text{volume (ml) do frasco de DBO}} \quad \text{Equação 2}$$

7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A partir da metodologia de ensaio adotada e executada referente à NTS 003/97, os valores das concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foram analisadas tabeladas conforme se pode observar na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Carga de DBO afluente (entrada) e efluente (saída) por vala.

Coleta	Tipo Vala	Meio Suporte	Entrada (mg.L ⁻¹)	Saída (mg.L ⁻¹)
Coleta 1	V1	0,75 m	78	15
	V2	0,50 m	78	35
	V3	0,25 m	78	60
Coleta 2	V1	0,75 m	82	14,5
	V2	0,50 m	82	34,85
	V3	0,25 m	82	59,9
Coleta 3	V1	0,75 m	80	16
	V2	0,50 m	80	36
	V3	0,25 m	80	59,45
Coleta 4	V1	0,75 m	79,5	15,8
	V2	0,50 m	79,5	35,5
	V3	0,25 m	79,5	59,9
Coleta 5	V1	0,75 m	78	14,95
	V2	0,50 m	78	34,85
	V3	0,25 m	78	58,9

A Tabela 2 apresenta um importante dado, que foi o desempenho no tratamento anaeróbico ocorrido pelas valas de filtração.

Pode-se notar que o comprimento adotado para o meio suporte complementar a brita 1 que foi a areia de baixa porosidade, permitiu que a camada de maior espessura interna teve um melhor desempenho na remoção da matéria orgânica representada pela DBO.

O nível de desempenho foi tal que para o sistema de vala de filtração do tipo V1 (0,75 m de areia) a faixa de DBO de saída ficou em 15 mg.L⁻¹.

Enquanto que para as valas de filtração do tipo V2 (0,50 m de areia) e V3 (0,25 m de areia) os valores das concentrações de DBO foram de 35 mg.L⁻¹ e 60 mg.L⁻¹, respectivamente.

Os valores encontrados na Tabela 2 permitiu que se procure avaliar o grau percentual de eficiência médio de cada tipo distinto de vala de filtração. De modo que a Tabela 3, a seguir, apresenta os valores percentuais para as cinco semanas de estudo.

Tabela 3 – Percentual de redução da DBO por Vala de Filtração.

Coleta	Tipo Vala	Meio Suporte	Remoção (%)
Coleta 1	V1	0,75 m	80,77
	V2	0,50 m	55,13
	V3	0,25 m	23,08
Coleta 2	V1	0,75 m	82,32
	V2	0,50 m	57,50
	V3	0,25 m	26,95
Coleta 3	V1	0,75 m	80,00
	V2	0,50 m	55,00
	V3	0,25 m	25,69
Coleta 4	V1	0,75 m	80,13
	V2	0,50 m	55,35
	V3	0,25 m	24,65
Coleta 5	V1	0,75 m	80,83
	V2	0,50 m	55,32
	V3	0,25 m	24,49

A Tabela 3 permitiu observar que o melhor desempenho no tratamento do parâmetro DBO foi realizado pela vala de filtração com maior espessura média da camada adicional de 0,75m de areia.

Para o período de pesquisa a vala denominada V1 obteve ganhos na faixa dos 80% em relação ao decaimento do efluente com relação à DBO.

Já para as valas de filtração V2 e V3 os valores percentuais de desempenho no processo de depuração da DBO foram mais tímidos, ao se comparar a vala de filtração V1, sendo representados nas faixas percentuais de 55% e 25%, respectivamente.

Deve-se notar que a maior faixa de material suporte no sistema de vala de filtração ocasiona numa maior reação bioquímica representada pelo processo de adsorção, o qual foi observado por pesquisas por Coraucci Filho *et al.* (2000).

O desempenho na remoção de DBO pelo tratamento alternativo baseado por vala de filtração garante ganhos de desempenho próximos ao mínimo que o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) exige para carga de DBO que deve ficar em 10 mg.L⁻¹, segundo o artigo 16 da norma 357 do CONAMA (CONAMA, 2005).

8 - CONCLUSÃO

O estudo de formas inovadoras para tratamento de esgoto é importante por representar um novo e importante segmento na preservação do meio ambiente hídrico e na produção sustentável.

O processo de utilização de valas de filtração promove um ganho real no tratamento da demanda bioquímica de oxigênio, chegando a valores de remoção na faixa dos 80% (conforme Tabela 3).

Contudo, deve-se salientar que o processo de vala de filtração deve garantir que não ocorra o fenômeno de lixiviação, no qual ocasiona em percolação de contaminantes no solo e consequentemente numa poluição do lençol freático.

Mas não deve ser descartado o uso e principalmente o estudo contínuo de valas de filtração, pois se trata de uma ferramenta sustentável que vem contribuir com os sistemas de tratamento de esgoto.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAMA. **Resolução Conama nº 357**, DE 17 DE MARÇO DE 2005.

CORAUCCI FILHO B., et al. Pós-tratamento de Efluente de Filtro Anaeróbio: Modelo Reduzido de Valas de Filtração - NBR 7.229 1993. In: **29º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, 2000.

GONÇALVES, C. S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia – Agudo – RS**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Doméstico**. 4º ed. Editora ABES. Rio de Janeiro / RJ. 932 p. 2005.

NATALIN JUNIOR, O. **Avaliação das Valas de Filtração como Método de Pós-Tratamento de Efluentes Anaeróbios**. Campinas, 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura, Urbanismo Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

NBR 13969. **Tanques sépticos** – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. 1997.

USEPA. **Wastewater Technology Fact Sheet: Intermittent Sand Filters**. EPA/932/F-99/067. Washington D.C. September. 1999.

USEPA. **Decentralized Systems Technology Fact Sheet** Septic Tank Systems for Large Flow Applications EPA/832-F-00-079 Washington D.C. September.2000. Disponível em: http://www.epa.gov/owmitnet/mtb/septic_tank_large_flow_app.pdf Acesso em: 15 ago. 2019.

VAN HAANDEL, A. C; AIYK, S.; AMOAKO, J.; RASKIN, L.; VERSTRAETE, W.;

Removal of carbon and nutrients from domestic wastewater using a low investment, integrated treatment concept. Water Research Volume 38, Issue 13. 3031-3042, July. 2004.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de água residuárias **in:** Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgoto, DESA /UFMG, Belo Horizonte, MG, v.1, 243p. 1996.