

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied civil engineering / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-855-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.554222501>

1. Civil engineering. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Collection Applied civil engineering*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino e pesquisa no Brasil e um em Porto. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da educação, construção civil, segurança, métodos numéricos, resíduos sólidos e tratamento de esgoto. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

METODOLOGIA PBL COMO ALTERNATIVA PARA VIABILIDADE DO ENSINO NO CONTEXTO DE PANDEMIA DA COVID-19

Luamim Sales Tapajós
Valquíria Santana da Silva
Fabiano Hector Lira Muller
Ronne Clayton de Castro Gonçalves
Andryo Henrique Freitas da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225011>

CAPÍTULO 2..... 12

PATOLOGIAS EM IMÓVEL POR AUSÊNCIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE MANAUS

Rosalina Siqueira Moraes
Anna Isabell Esteves Oliveira
Kassem Assi
Fátima Mendes Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225012>

CAPÍTULO 3..... 20

PERMEABILIDADE MÍNIMA DE ESPÉCIES DE MADEIRA PARA A PRODUÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)

Kelly Dayane Nadaleti de Souza
Bárbara Branquinho Duarte
Francisco Antonio Rocco Lahr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225013>

CAPÍTULO 4..... 32

UTILIZAÇÃO DA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXI COMO MÉTODO DE CORREÇÃO DO SOMCAVO EM FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO

Guilherme Alves Correa
Marcus Daniel Friederich dos Santos
Yuri Dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225014>

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE COMPARATIVA TERMOACÚSTICA ENTRE O SISTEMA MONOLÍTICO COM PAINEL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E A ALVENARIA CONVENCIONAL

Pedro Afonso de Araújo Costa
Felipe Daniel Bastos Lopes
Marco Antônio de Moura Fortes
Tiago de Macêdo Lima Moura Fé
Renan Maycon Mendes Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225015>

CAPÍTULO 6..... 64

A IMPORTÂNCIA DA CALDA DE CIMENTO PARA INJEÇÃO NA PROTENSÃO DE PONTES:
UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE NORMATIVOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS
DE CONTROLE DE QUALIDADE

Paulo André Valadares

Fabio Albino de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225016>

CAPÍTULO 7..... 79

ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN CON
CIMBRA AUTOLANZABLE – UN CASO PRÁCTICO

Pedro Pacheco

Diogo Carvalho

Hugo Coelho

Pedro Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225017>

CAPÍTULO 8..... 92

MODELAGEM NUMÉRICA DE VIGAS DE EQUILÍBRIO VIA MÉTODO DE BIELAS E
TIRANTES

Philippe Queiroz Rodrigues

João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225018>

CAPÍTULO 9..... 106

MATRIZES DE CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE EVA

Diana Santos de Jesus

Joabson Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225019>

CAPÍTULO 10..... 119

REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
CARBONATADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Guilherme Alves Correa

Yuri dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250110>

CAPÍTULO 11..... 140

ESTUDO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS
DE MEDIDAS DE pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SUSPENSÕES CAL:RESÍDUO

Lucas Gil Duarte

Letícia Freitas Assis

Gean Pereira da Silva Junior

Alan Henrique Vicentini

Mauro Mitsuchichi Tashima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250111>

CAPÍTULO 12.....	153
DESEMPENHO NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM UM SISTEMA SIMULADOR DE VALA DE FILTRAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior	
Kleber Aristides Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250112	
CAPÍTULO 13.....	166
POLÍTICA INTEGRADA DE ESG APLICADA À MINERAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	
Rafaela Baldi Fernandes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250113	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	177
ÍNDICE REMISSIVO.....	178

DESEMPENHO NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM UM SISTEMA SIMULADOR DE VALA DE FILTRAÇÃO

Data de aceite: 01/01/2022

Data de Submissão: 08/10/2021

Ariston da Silva Melo Júnior

Doutor pela Unicamp e Pós Doutor pelo IPEN/
USP

São Paulo (SP), Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

Kleber Aristides Ribeiro

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.

PERFORMANCE IN REMOVING THE BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD) IN A FILTRATION DITCH SIMULATOR SYSTEM

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.

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.

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).

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.

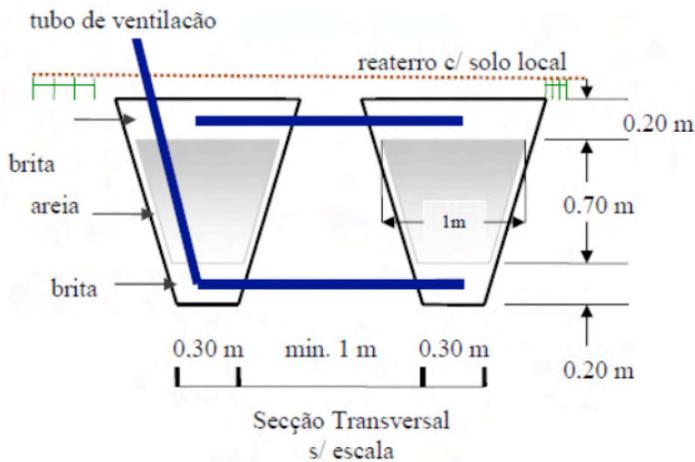


Figura 1: Seção Transversal de uma vala de filtração (NBR 13.969/97).

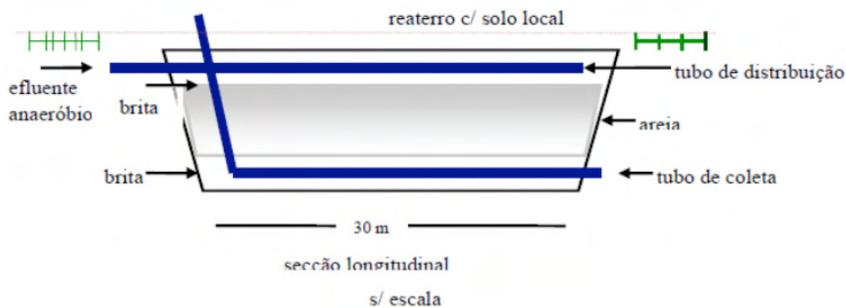


Figura 2: Seção longitudinal de uma vala de filtração (NBR 13.969/97).

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.

MATERIAIS E MÉTODOS

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.

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

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

A taxa hidráulica se refere ao tempo de detenção hidráulico (θ_r) 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.

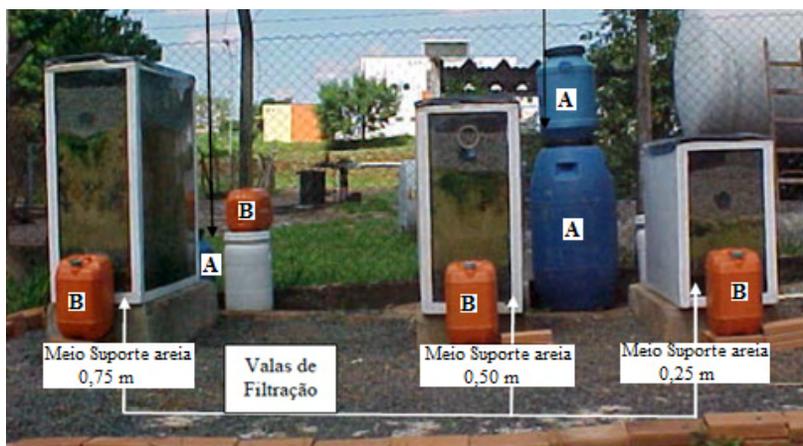


Figura 4: Sistema geral das valas de filtração.

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).

Metodologia de coleta

A pesquisa de monitoramento das concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi implementada durante o mês de julho no período de 1 de julho até 29 de julho de 2019 (cinco semanas de estudo) 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.

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 $DBO_{5,20}$.

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 $DBO_{5,20}$ 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.

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.

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:

f_n = 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:

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

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

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

A Tabela 2 (a seguir) 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.

Data	Tipo Vala	Meio Suporte	Entrada (mg.L-1)	Saída (mg.L-1)
02/julho	V1	0,75 m	78	15
	V2	0,50 m	78	35
	V3	0,25 m	78	60
09/julho	V1	0,75 m	82	14,5
	V2	0,50 m	82	34,85
	V3	0,25 m	82	59,9
16/julho	V1	0,75 m	80	16
	V2	0,50 m	80	36
	V3	0,25 m	80	59,45
23/julho	V1	0,75 m	79,5	15,8
	V2	0,50 m	79,5	35,5
	V3	0,25 m	79,5	59,9
30/julho	V1	0,75 m	78	14,95
	V2	0,50 m	78	34,85
	V3	0,25 m	78	58,9

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

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 (na próxima página) apresenta os valores percentuais para as cinco semanas de estudo.

A Tabela 3 (a seguir) 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.

Data	Tipo Vala	Meio Suporte	Remoção(%)
02/julho	V1	0,75 m	80,77
	V2	0,50 m	55,13
	V3	0,25 m	23,08
09/julho	V1	0,75 m	82,32
	V2	0,50 m	57,50
	V3	0,25 m	26,95
16/julho	V1	0,75 m	80,00
	V2	0,50 m	55,00
	V3	0,25 m	25,69
23/julho	V1	0,75 m	80,13
	V2	0,50 m	55,35
	V3	0,25 m	24,65
30/julho	V1	0,75 m	80,83
	V2	0,50 m	55,32
	V3	0,25 m	24,49

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

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).

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 conseqüentemente 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.

REFERÊNCIAS

- 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.

- 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. 2020.

- 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.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado graúdo 106, 108

C

Calda de cimento 4, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 73, 76, 77

Carbonatação 14, 15, 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 138, 145

Ciclo hidrológico 153

Cimbra autolanzable 4, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90

Concreto 4, 14, 15, 17, 19, 34, 36, 44, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78, 79, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 151

Concreto armado 4, 34, 36, 64, 68, 92, 97, 104, 105, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 135, 138, 139

Concreto leve 106, 107, 118

Concreto protendido 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78

Conforto acústico 46, 52, 62

Conforto térmico 46, 48, 55, 56, 63

Construcción de puentes 4, 79, 91

D

Durabilidade 13, 18, 22, 65, 69, 108, 119, 130, 142, 151

E

Edificação 12, 13, 14, 17, 33, 34, 35, 36, 44, 127

Eletroquímica 4, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 132, 134, 135, 137, 138, 139

Engenharia civil 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 31, 32, 44, 45, 63, 78, 118, 139, 153, 165, 177

Esgoto tratado 153, 158, 159

EVA 4, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118

G

Grandes luces 79

I

Injeções 32, 33, 35, 36, 38, 39, 44, 45

Intempéries 12, 17, 110

Itaituba 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

M

Madeira 3, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 35
Manifestações patológicas 12, 13, 14, 18, 32, 33, 35, 44
Materiais cimentícios suplementares 140
Materiais pozolânicos 140, 150
Método de alvenaria convencional 46, 49, 58
Método de bielas 4, 92, 93, 104
Metodologia PBL 3, 1, 3, 4
MLC 3, 20, 21, 22, 30, 31

N

Normatização 64, 65, 69

P

Pandemia 3, 1, 2, 6, 8, 9, 168, 169, 172
Patologia 15, 19, 32
Permeabilidade 3, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 137, 155, 157
Pinus 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31
Poluição 47, 142, 153, 165, 168, 175
Propriedades mecânicas 106, 107
Protótipos 32, 35, 36, 39, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63

R

Recalibração 4, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139
Região de descontinuidades 92
Resíduos Agroindustriais 4, 140, 142, 143
Resina epóxi 3, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 43, 44, 45
Revestimento 3, 16, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 44, 45

S

Som cavo 3, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 43, 44, 45
Sustentabilidade 5, 106, 152, 154, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 177

T

Tirantes 4, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105
Topologia 92, 99, 100, 101, 102, 103, 104

V

Vigas de equilibrio 4, 92, 93, 97

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022