II- 1127 – CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS SUPORTE E SUBSTRATO PARA SISTEMADE TRATAMENTO DE EFLUENTES WETLANDS

Rerisson Santos Rosa ([1])
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU).
Sueli Moura Bertolino[(2)]
Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Doutora em Engenharia de Materiais na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Professora na Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Endereço[(2)]: Rodovia BR050/Km 78, Campos Glória, Bloco 1C. sala 310 – Uberlândia - MG - CEP: 38410-337- Brasil - Tel: (31)9922101080 - e-mail: suelibertolino@ufu.br

RESUMO

A necessidade de tratamento de águas residuais complexas impulsiona os estudos de sistemas de tratamentos cada vez mais eficazes e econômicos como os *wetlands* construídos (WC), os quais possuem a capacidade de remoção de uma abundante série de contaminantes por meio da junção de processos químicos, físicos e biológicos de baixo custo, além de possuírem uma maior capacidade de melhoria na qualidade da água. O meio suporte para wetlands vem sendo cada vez mais avaliado devido a variabilidade de materiais ao qual pode ser utilizado e pela sua importância no sistema. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar materiais suporte alternativos e substratos orgânicos com potencial de uso em sistemas de tratamento do tipo *wetlands*. Os materiais avaliados como materiais suportes foram: resíduo da construção civil (RCC), resíduo da indústria de celulose (Grits e Dregs) e brita, e como substratos os materiais: sabugo e esterco. Três WCs de bancada foram preenchidos com estes materiais sendo diferenciado apenas pelo meio suporte utilizado, brita, RCC, grits e dregs. Esses foram caracterizados quanto à lixiviação de elementos químicos e Ponto de Carga Zero (PCZ). Os leitos WCs foram monitorados quanto aos parâmetros físico-químicos (pH e turbidez) durante 4 fases as quais totalizaram 120 dias. Os resultados do teste de lixiviação para os substratos no que se diz respeito a riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, todos se encontram dentro do permitido conforme a resolução ABNT NBR Nº 10004/2004. No teste de ponto de carga zero (PCZ) os resultados obtidos de pH PCZ foram de 8,8 para a brita, 8,6 para o RCC, 8,9 para o dregs e 8,8 para o grits os quais são considerados materiais suporte e para as fontes de carbono e inóculo o pH PCZ foi de 8,5 para o esterco, e 5,3 para o sabugo de milho. Tendo como único substrato bom para adsorver cátions o sabugo, visto que sua superfície é carregada negativamente onde seu pH PCZ esteve dentro da faixa do pH de trabalho que está entre 4 e 5.

PALAVRAS-CHAVE: wetlands construídos, materiais suporte, ponto de carga zero.

INTRODUÇÃO

O acesso à água em quantidade e qualidade adequadas é um direito essencial garantido constitucionalmente no mundo. Contudo, no Brasil, mais de 100 milhões de brasileiros não são contemplados minimamente com redes de coleta de esgoto e ainda não tem conhecimento sobre sua importância para garantir saúde e qualidade de vida. Pesquisa encomendada pelo Instituto Trata Brasil ao Ibope, em 2009, nos municípios brasileiros com mais de 300 habitantes (na época, 79 cidades), revelou que 31% da população desconheciam o que é saneamento e somente 3% relacionavam o tema à saúde. (Trata Brasil, 2021). Além disto, a pesquisa relacionada ao mesmo tema, obteve dados alarmantes, onde indicava que menos de um quarto dos entrevistados conhecia o destino do esgoto de sua cidade, um percentual similar acreditava que os resíduos seguiam para uma estação de tratamento e um terço dos entrevistados acreditava que o esgoto seguia direto para os rios (Trata Brasil, 2021).

Analisando os anos de 2014 a 2020, temos que a quantidade de brasileiros com rede de esgoto, passava de 98 milhões para 114,6 milhões. Tais números são do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), divulgado no ano de 2020 (SNIS, 2020). O ritmo do avanço da coleta e principalmente do tratamento é lento, o

qual nos se mostra que o nosso país está muito atrasado. Sistemas simples e economicamente viáveis, como os wetlands, estão sendo cada vez mais estudados e utilizados para solucionar os problemas que envolvem tratamento de esgoto no Brasil.

Wetlands (terras úmidas) são ambientes naturais que ficam inundados periódica ou permanentemente, onde o solo saturado permite o crescimento de macrófitas. Os wetlands naturais são excelentes filtros naturais de águas e de nutrientes ou poluentes e desempenham uma função ecossistêmica importante na ciclagem destes materiais, além da proteção de margens de corpos d'água contra ações erosivas e regularização do fluxo hidrológico. A dinâmica dos ciclos biogeoquímicos de elementos químicos (carbono e macro e micro nutrientes) que ocorrem nesses ambientes pode ser estudada em ambientes controlados, como os wetlands construídos (WC), a fim de otimizar o tratamento de efluentes de diversas características físico-químicas, principalmente, efluentes com elevada acidez e presença de metais pesados (IAQUELI, 2016).

Portanto, WCs são sistemas passivos e extensivos de tratamento, os quais buscam imitar a natureza, ou seja, os wetlands naturais, realizando as mesmas funções, porém para o tratamento de efluentes. Este sistema não utiliza produtos químicos e elementos eletromecânicos em seus reatores, sendo uma ótima escolha ambiental. Os meios suportes utilizados variam conforme o tipo de escoamento e a remoção de poluentes a qual se deseja remover, sendo que fazem o papel do solo natural, por exemplo, a utilização da pedra brita. Além do meio suporte, tem-se a utilização de plantas, as quais são divididas em emergentes, flutuantes e submersas, tendo sua escolha na hora da construção do wetland (SEZERINO, et al.,2015).

Desta forma, o presente trabalho está focado na caracterização química de materiais residuais provenientes de processos industriais e uma avaliação preliminar do seu desempenho como meio suporte em três leitos de wetlands construídos tratando efluente ácido.

OBJETIVOS

Essa pesquisa teve como objetivo a caracterização química da pedra brita 01 (gnaisse), resíduo de construção civil (RCC), resíduo da indústria de celulose (Dregs e Grits), sabugo de milho seco, materiais utilizados como meio suporte na construção dos *wetlands*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização dos materiais suportes

Os materiais caracterizados foram: i) brita 01 (material convencional em *wetlands*); ii) resíduos da construção civil (RCC) iii) resíduos da indústria de celulose (Dregs e Grits); iii) sabugo de milho (Figura 8).

Figura 1 - Materiais suporte e substrato do projeto.

Fonte: Sousa, 2022.

Estes materiais foram avaliados quanto à presença e solubilidade de elementos químicos em suas estruturas, a fim de se verificar se possuem uma característica inerte, para serem utilizados em sistemas de tratamento de

efluentes, para isso foi realizado o teste de lixiviação e a determinação do Ponto de Carga Zero de cada material.

Teste de lixiviação

O teste de lixiviação foi realizado segundo metodologia da norma da ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos como parâmetro de comparação dos extratos, sendo analisados os metais Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, P e Zn. A quantificação dos metais foi realizada pela técnica de absorção atômica através do equipamento de espectrofotometria de marca VARIAN, modelo AA 240FS.

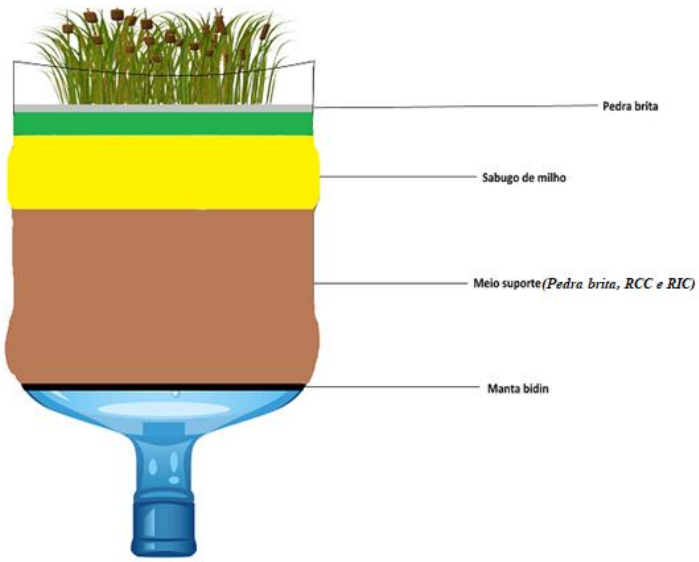
Ponto de carga zero (PCZ)

Para determinação do PCZ foi realizado o "experimento dos 12 pontos", metodologia modificada proposta por Regalbuto et al. (2004).

Sistema experimental de *Wetlands* construído

Os materiais foram avaliados em três unidades *wetlands* de bancada (Figura 2), com volume útil de 20L, fluxo descendente, variando o tipo de materiais suporte e proporção de substrato: RCC ou Dregs/grits – 61,5% e Sabugo de milho – 25%.

Figura 2 - Representação esquemática do leito wetland contendo os materiais suportes e substrato caracterizados neste estudo.



Fonte: Sousa, 2022.

Nos *wetlands* foram plantados indivíduos da espécie *Typha domingensis* ou popularmente conhecida como taboa. Os leitos de wetlands foram alimentados por 130 dias com efluente sintético de DAM, com pH inicial entre 4 e 5, sendo o monitoramento dos parâmetros pH e turbidez, a fim de avaliar a estabilidade dos materiais suportes. Esses parâmetros foram determinados utilizando um equipamento medidor multiparâmetro marca HANNA, modelo HI 9829.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização química do extrato do lixiviado dos materiais

Uma amostra de cada material que foi preenchida nos WC de bancada foi avaliada quanto à solubilização de alguns elementos químicos pelo teste de lixiviação (ABNT-10005/2004). Um ensaio de lixiviação é realizado para determinar a mobilidade de compostos orgânicos e inorgânicos presentes em amostras de resíduos sólidos. Portanto, este tipo de ensaio simula o que acontece quando o resíduo é depositado no solo e entra em contato com a água. Sendo assim, para que os resíduos selecionados sejam utilizados como material suporte em *wetlands* é preciso que o material seja considerado inerte (principalmente para metais com elevada toxicidade), ou seja, esteja dentro dos valores máximos permitidos para metais estabelecidos pela norma NBR/ABNT Nº 10004/2004. A concentração dos metais encontrados no lixiviado é apresentada na Tabela 1.
Os materiais sólidos analisados podem ser classificados com inertes quanto à lixiviação dos metais cádmio, cobre, manganês e zinco, analisados neste estudo. Todos os resíduos sólidos apresentaram concentrações no extrato do lixiviado abaixo dos limites máximo estabelecido pela norma NBR/ABNT Nº 10004/2004 (Tabela 1). Este resultado afirma o potencial uso destes resíduos em sistemas *wetlands* para o tratamento de efluentes contendo metais pesados.

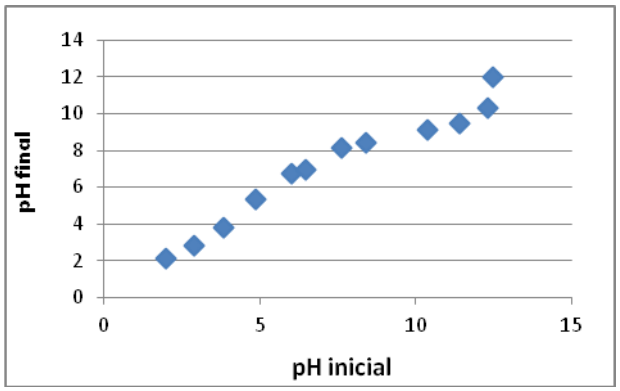
Tabela 1 – Concentrações encontradas no teste de lixiviação e limites máximos estabelecidos pela NBR/ABNT 10004/2004.

Material suporte	Concentração de Elementos (mg. L^{-1})			
	Cd	Cu	Mn	Zn
Brita	< 0,0005	0,018	0,018	0,0146
RCC	< 0,0005	0,113	0,007	0,007
Grits	< 0,0005	0,06	0,007	0,049
Dregs	< 0,0005	0,018	< 0,0005	< 0,0005
Limite máximo (mg. L^{-1})				
Resíduo Tóxico	0,5	-	-	-
Resíduos inertes	0,01	2,00	0,10	5,00

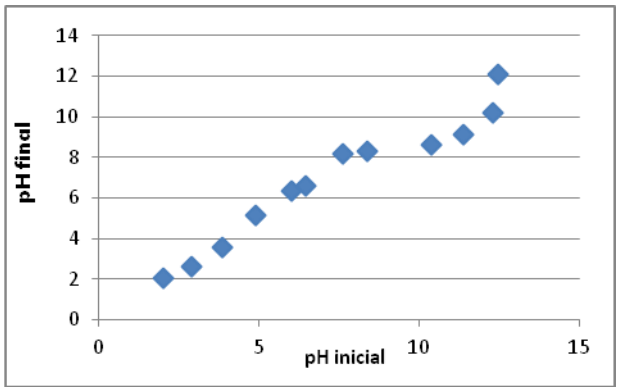
Para avaliar a capacidade adsortiva dos materiais em remover cátions ou ânions em função do pH, foi determinado o Ponto de Carga Zero de cada material. O pHPCZ foi avaliado pelo "experimento dos 11 pontos" e a partir dos valores de pH final e inicial foi construído o gráfico de pHinicial x Δ (pHfinal – pHinicial) para cada material. As curva pHinicial x Δ(pHfinal – pHinicial) dos materiais brita e RCC, Dregs e sabugo de milho (Figura 3) .

Para o material brita a solução convergiu para os mesmos valores finais de pH na faixa que compreende os pHs entre 8,16 a 9,47, em 4 ensaios de pHs iniciais diferentes, tendo pHPCZ de 8,8. O material RCC teve valores finais de pH com pouca variação na faixa entre 8,18 a 9,11, em 4 ensaios de pHs iniciais diferentes, obtendo pHpcz de 8,55. Já o resíduo da indústria de celulose, os Dregs, uma estabilização dos valores de pH foi observada entre 8,32 a 9,37, obtendo pHpcz de 8,92. Para o material Grits a solução convergiu para os mesmos valores finais de pH na faixa que compreende os pHs entre 8,44 a 8,71, em 4 ensaios de pHs iniciais diferentes, obtendo pHpcz de 8,84. Valores um pouco superiores do pHPCZ foi observado em outros estudos para o RCC (pH pcz 9,33) (CABRAL, 2019), para dregs(pH pcz 9,75) e para grits (pH pcz 9,5) (FARAGE, 2020). Para sistemas *wetlands* que serão alimentados com efluentes na faixa de pH entre 4,0 e 5 a superfície destes materiais estarão carregadas positivamente, portanto, sendo materiais adequados para adsorver ânions.

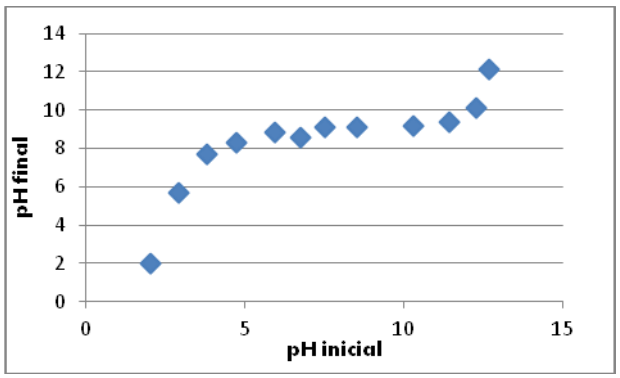
Figura 3 - Valores de pH inicial x pH final para os materiais: a) Brita e b) RCC.



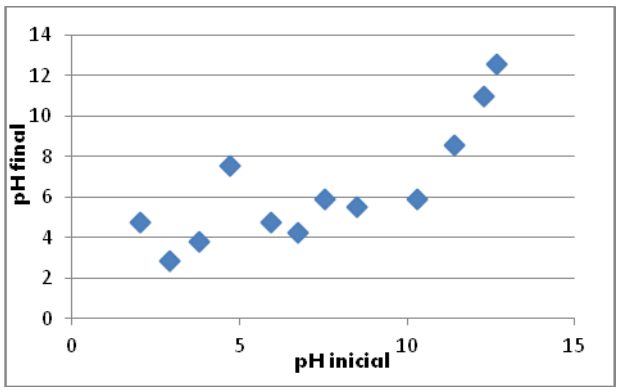
(a) Brita



(b) RCC



(a) Dregs



Durante os testes de estabilização as três unidade de *wetlands* foram capazes de elevar o pH ácido do afluente, sendo uma maior neutralização observada na unidade WC2. No WC 2 a presença de carbonato de cálcio contido no dregs e grits foi eficiente para promover a neutralização do afluente ácido (Figura 4).

A turbidez pode ser definida como dificuldade da passagem de luz através da água ou efluente analisado, sendo de fácil visualização quando adquire aparência turva (STIEGEMEIER, 2014). Nota-se que em todos os sistemas WC estudados, teve-se um aumento na turbidez de saída em comparação ao de entrada, devido ao material pulverulento do material suporte dos leitos (Figura 5). A fase 1 é considerada visualmente pelo gráfico, como a fase de adaptação, onde se tem a entrada do equilíbrio dinâmico, no qual se tem a estabilização do comportamento do conjunto, planta, leito e micro-organismos.

Figura 4 - Evolução temporal do pH dos leitos WCs com diferentes materiais suportes. WC1 – Brita; WC2 – Grits e Dregs; WC3 – RCC.

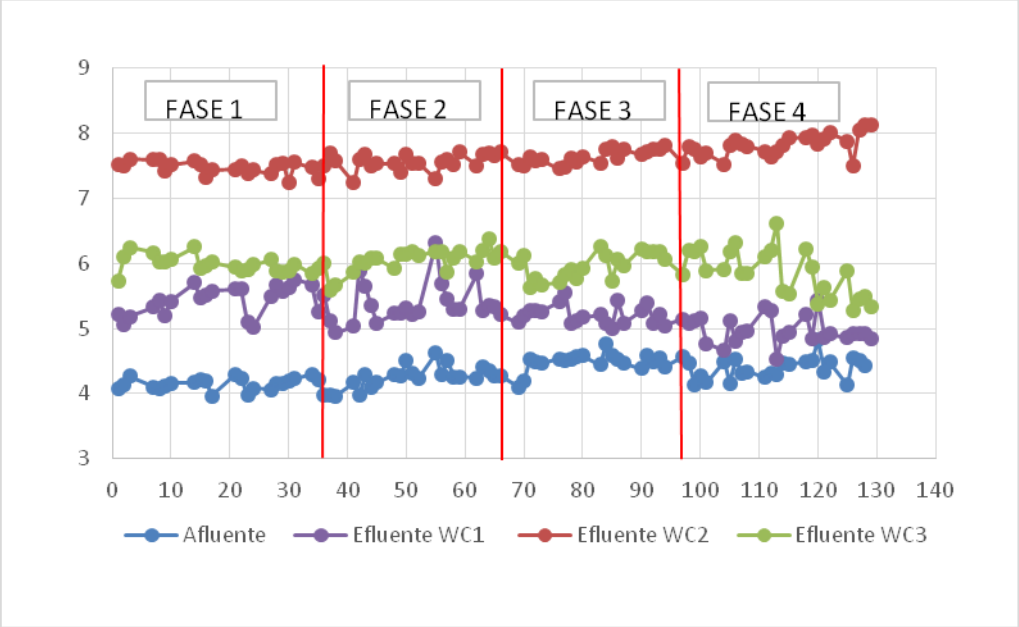
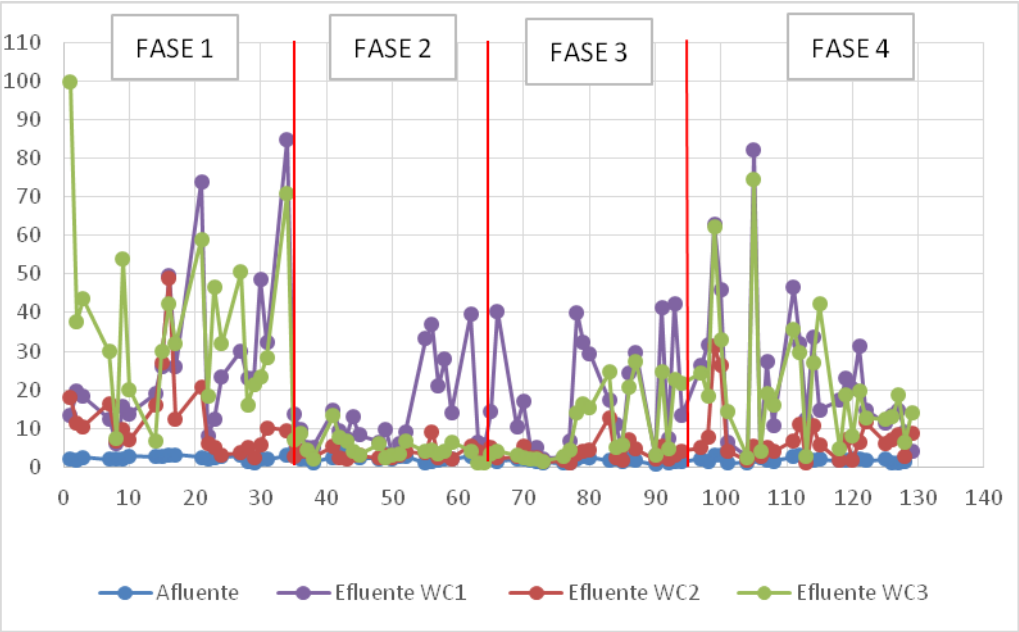


Figura 5 - Evolução temporal do turbidez dos leitos WCs com diferentes materiais suportes. WC1 – Brita; WC2 – Grits e Dregs; WC3 – RCC.



CONCLUSÕES

Os materiais sólidos analisados podem ser classificados com inertes quanto à lixiviação dos metais cádmio, cobre, manganês e zinco, analisados neste estudo. Este resultado afirma o potencial uso destes resíduos em sistemas *wetlands* para o tratamento de efluentes complexos.

O valor ponto de carga zero (PCZ) dos materiais utilizados neste trabalho foram de 8,8 para a brita, 8,55 para o RCC, 8,92 para o dregs e 8,84 para o grits, estes, materiais considerados suportes. Para os materiais utilizados como substratos o pH PCZ apresentou valores de 5,25 e 8,46, para sabugo de milho e esterco, respectivamente. Estes valores mostram que os materiais com pH PCZ nos valores de 8,8, 8,55, 8,92, 8,84 e 8,46 sendo eles brita, RCC, dregs e grits respectivamente, se apresentam como eficientes para a remoção de ânions, para efluentes com pH abaixo neutro. Já o sabugo de milho que apresentou valor de pH PCZ de 5,25, se apresenta como um material bom para adsorver cátions de efluentes com pH próximo a neutralidade.

Para os próximos trabalhos, as unidades serão avaliadas quanto à remoção de metais pesados (Cu, Zn e Cd) em fluxo contínuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORBA, C, E. Modelagem da Remoção de Metais Pesados em Coluna de Adsorção de Leito Fixo**.** Tese de Mestrado. FEQ, UNICAMP, PPGQ, USP, 2006.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 07 de julho de 2002. Ministério do Meio Ambiente. [S. l.], 07 jul. 2002.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 25 de novembro de 2005. Ministério do Meio Ambiente. [S. l.], 15 mar. 2005.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente. [S. l.], 13 mai. 2011.
5. LEITE, M, B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
6. OLIVEIRA, V, L, F. Análise e influência da presença de metais pesados no desenvolvimento do esmalte dentário em crianças na região do Estuário de Santos e São Vicente. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo. 2017.
7. REGALBUTO, J.R., ROBLES, J. The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation, University of Illinois, Chicago, 2004.
8. SALES, A ,T, C; FILHO, R, S, A. Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 113-125, jan./mar. 2014.
9. SILVA, R, P. Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2010.
10. SOUSA, Rerisson Santos. Caracterização de materiais suporte e substrato para sistemas de tratamento de efluentes wetlands. 2022. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.
11. ULSEN, C. Caracterização Tecnológica de Resíduos da Construção e Demolição. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.