



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM CIDADES DE PEQUENO PORTE¹

CANALI, Vitória Antunes (1); REGINATO, Nauana da Costa (2); RIBEIRO, Lauro André (3); NECKEL, Alcindo (4).

- (1) Faculdade Meridional - IMED, e-mail: 1104400@imed.edu.br
(2) Faculdade Meridional - IMED, e-mail: 1119111@imed.edu.br
(3) Faculdade Meridional - IMED, e-mail: lauro.ribeiro@imed.edu.br
(4) Faculdade Meridional - IMED, e-mail: alcindo.neckel@imed.edu.br

RESUMO

A realidade brasileira, especialmente em cidades de pequeno porte, regularmente não apresenta condições financeiras suficientes para a aplicação e efetiva execução de projeto de saneamento urbano convencional. Neste sentido, torna-se necessário empreender esforços para a realização de projetos voltados para a melhoria da infraestrutura de saneamento básico, de modo que, ao suprir a demanda e necessidades populacionais de modo adequado, se possibilita uma melhora gradativa na qualidade de vida. Diante deste contexto, o objetivo geral da pesquisa é apresentar dois sistemas alternativos de tratamento de efluentes - os jardins filtrantes e as máquinas vivas, compreendendo suas potencialidades e fragilidades em relação às Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) convencionais. Metodologicamente, foi realizado levantamento em revisões de literatura pertinentes ao tema, com as informações obtidas foi possível analisar as potencialidades e fragilidades na aplicação de cada sistema, de acordo com seis variáveis e parâmetros pré-definidos. Os resultados e discussões demonstraram que os sistemas alternativos de tratamento de efluentes possuem benefícios do ponto de vista econômico, ambiental e social, bem como na infraestrutura sanitária local num todo, o que demonstra a potencialidade de efetiva aplicação destes sistemas.

Palavras-chave: Saneamento básico. Sistemas alternativos. Gestão sustentável. Qualidade de vida.

ABSTRACT

The Brazilian reality, especially in small cities, frequently does not have sufficient financial conditions for the application and effective execution of a conventional urban sanitation project. Thus, it is necessary to make efforts to fulfill projects aimed at improving the basic sanitation infrastructure, so that, by supplying the population's demand and needs in an adequate manner, a gradual improvement in the quality of life is possible. In this context, the general objective of this paper is to present two alternative systems for the treatment of effluents - the filtering gardens and the living machines, understanding their strengths and

¹ CANALI, Vitória Antunes; REGINATO, Nauana da Costa; RIBEIRO, Lauro André; NECKEL, Alcindo. Sistemas Alternativos de Tratamento de Efluentes em Cidades de Pequeno Porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

weaknesses in relation to conventional Sewage Treatment Plants. Methodologically, a survey was carried out in literature reviews relevant to the theme, with the information obtained it was possible to analyse the strengths and weaknesses in the application of each system, according to six pre-defined variables and parameters. The results and discussions demonstrated that alternative effluent treatment systems have benefits from an economic, environmental and social point of view, as well as in the local health infrastructure as a whole, which demonstrates the potential for effective application of these systems.

Keywords: *Improved sanitation. Alternative systems. Sustainable management. Quality of life.*

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) determinou um novo plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade denominado Agenda 2030 - Desenvolvimento Sustentável. No seu 6º objetivo, dentre os 17 idealizados, descreve como necessidade “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”. Entende-se desta forma que é preciso empreender esforços para a realização de projetos voltados para a melhoria da infraestrutura de saneamento básico, a fim de minimizar as problemáticas recorrentes ao tema, que englobam aspectos relacionados à qualidade da água, à distribuição aos domicílios, ao tratamento dos efluentes, bem como a sua escassez, ainda enfrentada em alguns locais (NECKEL; GOELLNER; BERTOLDI, 2016). O 6º objetivo também destaca a necessidade, não menos importante, de um olhar equitativo de acesso ao saneamento básico adequado, principalmente para as comunidades mais vulneráveis (ONU, 2015).

Diante deste contexto, Hoseingholi, Moeini e Zare (2019) definem que as condições de esgotamento sanitário, ao suprir a demanda e necessidades populacionais de modo adequado, possibilitam uma melhora na qualidade de vida. Para Lisboa, Heller e Silvera (2013) e Morais *et al.* (2015), a falta de saneamento adequado interfere negativamente na qualidade de vida da população, ocasionando problemas de ordem social na manifestação de patologias e odores, como também de ordem ambiental, contribuindo para a contaminação dos recursos hídricos, agravados quando o esgoto é lançado de forma *in natura no meio hídrico*. Convém ressaltar que dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2019) descrevem que, em 2018, cerca de 74,5% do esgoto gerado no Brasil era coletado, mas apenas 46,3% tratado.

Os municípios de pequeno porte, definidos pelo IBGE (2010) como aqueles que possuem até 50.000 (cinquenta mil) habitantes, muitas vezes não apresentam condições financeiras suficientes para a aplicação e efetiva execução de projeto de saneamento urbano convencional. Além de possuírem maior dificuldade em encontrar mão de obra qualificada para operar no local e a falta de infraestrutura apropriada (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013).

Com base no panorama apresentado, o objetivo geral da pesquisa é apresentar dois sistemas alternativos de tratamento de efluentes - os jardins filtrantes e as máquinas vivas, compreendendo suas potencialidades e fragilidades em relação às Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) convencionais, por meio da viabilidade ambiental e social, tendo como finalidade o desenvolvimento da sustentabilidade local e uso de novas tecnologias de tratamento pelos municípios, principalmente os de pequeno porte e/ou pequenas comunidades, almejando o 6º objetivo da Agenda 2030 (ONU, 2015).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi dividida em duas etapas. A primeira consistiu no levantamento realizado em revisões de literatura pertinentes ao tema, com o propósito de compreender melhor as características dos três sistemas ponderados - a estação de tratamento convencional de lodo ativado, os jardins filtrantes e a máquina viva. Após, utilizando as informações obtidas anteriormente e adaptando como base as variáveis obtidas nos resultados do método de Rocha, Santos e Carvalho (2016), foram analisadas as potencialidades de cada sistema, referente aos aspectos ambientais e sociais, de acordo com seis variáveis: mão de obra especializada; custo de operação e manutenção, por meio de gasto de energia elétrica e produtos químicos; área necessária; valorização da biodiversidade, valorização social (uso da área), e por último, a capacidade de tratar efluentes. No Quadro 1 são apresentadas as variáveis em conformidade com seus respectivos parâmetros considerados.

Quadro 1 – Variáveis selecionadas e parâmetro analisado

VARIÁVEL	PARÂMETRO ANALISADO
Mão de obra especializada	Se o sistema necessita de mão de obra especializada para sua construção/operação.
Custo de Operação e Manutenção (energia elétrica/produtos químicos)	O custo de operação do sistema, a nível de gasto energético e manutenção, bem como a necessidade de utilizar produtos químicos.
Área necessária	Espaço necessário para a construção do sistema.
Valorização da biodiversidade	Se o sistema consegue contribuir para a biodiversidade local.
Valorização Social	Se o sistema consegue contribuir para a valorização social local, ou seja, conseguir aproveitar a área para outros usos.
Capacidade de Tratar Efluentes	Se o sistema é capaz de tratar os resíduos provenientes das atividades humanas, como a rede de esgoto doméstica.

Fonte: Adaptado do método de Rocha, Silva e Carvalho (2016)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

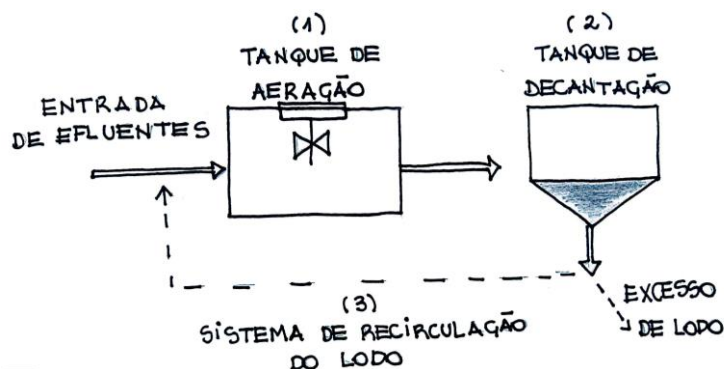
Inicialmente, serão apresentados os sistemas analisados de acordo com a pesquisa de literatura realizada. As Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's) de Lodo ativado são consideradas as mais convencionais do gênero. O seu funcionamento decorre da decomposição da matéria orgânica presente nos efluentes, realizado mediante um conjunto de bactérias aeróbicas (COMUSA, 2013; NECKEL; GOELLNER; BERTOLDI, 2016). A Figura 1 exemplifica o processo, demonstrando as etapas de aeração, decantação e recirculação do lodo.

No tanque de aeração (1), é onde acontecem as reações para o procedimento de degradação da matéria orgânica encontrada nos efluentes, fornecendo o oxigênio adequado para a devida atuação das bactérias aeróbicas; o tanque de decantação (2) sucede a separação da fase líquida da massa formada pelo processo anterior, o que gera a formação do lodo; e por último se encontra o sistema de recirculação do lodo (3), no qual o lodo formado no processo anterior circula

novamente até o tanque de aeração, aumentando assim as bactérias encarregadas da degradação da matéria orgânica (COMUSA, 2013).

As vantagens do sistema incluem a sua eficácia e a capacidade de tratar grandes volumes de efluentes, tendo como desvantagem o alto consumo de energia elétrica e a produção constante de lodo, este que resulta em poluentes que quando não descartados corretamente, podem causar problemas ambientais e sanitários (NECKEL; GOELLNER; BERTOLDI, 2016; ROCHA; SANTOS; CARVALHO, 2016).

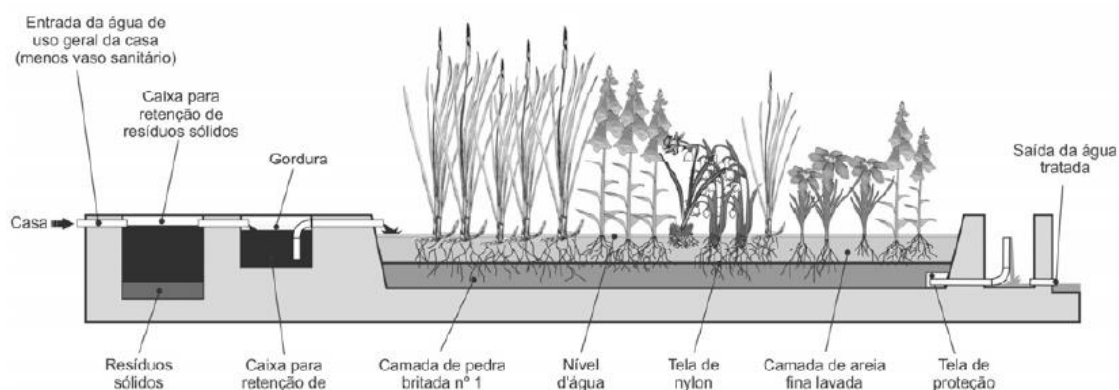
Figura 1 - Esquema do processo de lodo ativado



Fonte: Adaptado pelos autores - COMUSA (2013)

Os jardins filtrantes são sistemas naturais de tratamento de esgoto, onde seu funcionamento reproduz a forma de como a natureza opera, por meio de fitofiltragens. O sistema consiste em utilizar plantas macrófitas aquáticas para filtrar poluentes do esgoto, como os metais pesados (MORAIS *et al.*, 2015; RODRIGUES; BRANDÃO, 2015). Os espécimes utilizados dependem da região na qual o sistema será instalado, o que necessita uma análise para cada caso. A Figura 2 exemplifica o sistema.

Figura 2 - Esquema dos jardins filtrantes



Fonte: PlanteVida (2018).

As vantagens do sistema incluem o baixo custo de manutenção - por não utilizar produtos químicos no tratamento, o baixo consumo energético, e ainda, segundo Morais *et al.* (2015, p. 88-89) "além de realizar o tratamento do esgoto, ele embeleza o local, podendo ser utilizado como praça para pontos de encontros entre amigos, já que algumas plantas utilizadas nesse sistema possui o poder de anular o mal cheiro do esgoto". Isto é, o sistema pode ser utilizado em prol da qualidade de vida da

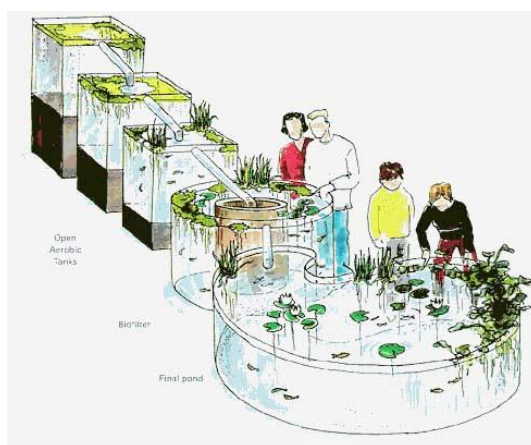
população, tanto pelo aspecto do saneamento, quanto a fatores sociais de qualidade de vida.

Entretanto, a fragilidade do sistema se encontra no fato de que, é possível tratar apenas as águas cinza, ou seja, as provenientes de pias e tanques, não podendo realizar o procedimento em esgoto originário do vaso sanitário, uma vez que para esse caso seria necessário etapas posteriores a fim de tornar a água potável, ou seja, o produto final do tratamento é uma água limpa (MORAIS *et al.*, 2015; RODRIGUES; BRANDÃO, 2015; ROCHAS; SANTOS; CARVALHO, 2016).

A máquina viva consiste num sistema de ambiente fechado. Em sua maioria são construídas dentro de estufas (Figura 3), que ocupam uma área relativamente pequena. No processo, os efluentes passam por uma série de tanques, nos quais os organismos presentes decompõem a matéria orgânica. A água suja percorre as células e devolve ao ambiente a água limpa, da mesma forma que foi retirada. A ideia principal é a de imitar os mecanismos da natureza, onde nesses tanques possuem fungos, bactérias, protozoários, caramujos, mariscos, peixes, entre outros, transpassando as etapas (FARR, 2013).

Segundo Farr (2013), o sistema apresenta função estética e ambiental, pela fauna/flora ali presente, além de enorme potencial para se tornar local de estudo. Os seus benefícios, semelhantes aos jardins filtrantes, decorrem do fato de que a máquina viva é um tratamento de água que envolve seres-vivos, sem ingredientes químicos ou grandes recursos tecnológicos. Entretanto, sua maior fragilidade também decorre de tratar somente águas cinza.

Figura 3 - Máquina viva construída em estufa



Fonte: DUPONT; WHITE (2000).

Com base nas informações levantadas, o Quadro 2 apresenta o resultado das variáveis e parâmetros analisados em relação a cada sistema. Foram atribuídas três classificações distintas para sua aplicação - baixo potencial, médio potencial ou alto potencial, de acordo a como cada sistema se comporta mediante as variáveis.

Quadro 2 – Comparativo entre os sistemas

VARIÁVEL	SISTEMA DE LODO ATIVADO	JARDIM FILTRANTE	MÁQUINA VIVA
Mão de Obra Especializada	Baixo Potencial ★	Médio Potencial ★★	Médio Potencial ★★

Custo de Operação e Manutenção	Baixo Potencial 	Alto Potencial 	Alto Potencial 
Área Necessária	Médio Potencial 	Baixo Potencial 	Alto Potencial 
Valorização da biodiversidade	Baixo Potencial 	Alto Potencial 	Médio Potencial 
Valorização Social	Baixo Potencial 	Alto Potencial 	Médio Potencial 
Capacidade de Tratar Efluentes	Alto Potencial 	Médio Potencial 	Médio Potencial 

Fonte: Adaptado pelos Autores (ROCHA, SANTO, CARVALHO, 2016)

Na variável de mão de obra especializada, o sistema de lodo ativado apresenta-se como de baixo potencial, visto a necessidade dessa tipologia de mão de obra tanto em nível de construção quanto para seu funcionamento, aspecto que muitas vezes não é contemplado em sua totalidade em municípios de pequeno porte, por questões financeiras e de gestão (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013). Os jardins filtrantes e a máquina viva foram avaliados como classificação "médio potencial" de mão de obra especializada, por entender que, apesar de serem considerados sistemas mais simples para sua construção/operação, também é necessário estudo para a correta forma de manuseio (FARR, 2013; MORAIS *et al.*, 2015; RODRIGUES; BRANDÃO, 2015; ROCHAS; SANTOS; CARVALHO, 2016).

Em relação aos custos de manutenção, que incluem a necessidade de energia elétrica e a utilização de produtos químicos, pôde-se analisar que os sistemas alternativos de jardim filtrante e máquina viva apresentam alto potencial, uma vez que não torna-se necessário produtos químicos em sua manutenção, além de possuírem baixo consumo energético, em oposição ao sistema de lodo ativado. (COMUSA, 2013; FARR, 2013; LISBOA; HILLER; SILVEIRA, 2013; MORAIS *et al.*, 2015; NECKEL; GOELLNER; BERTOLDI, 2016; RODRIGUES; BRANDÃO, 2015; ROCHA; SANTOS; CARVALHO, 2016). Segundo Lisboa, Hiller e Silveira (2013), cidades pequenas costumam ter aspectos financeiros como um dos maiores entraves ao planejamento municipal de saneamento básico, o que reforça a necessidade de pesquisa sobre métodos mais econômicos.

Quanto à área necessária para a construção de cada sistema, segundo estudos de Farr (2013), considerando o mesmo número de domicílios que teriam seu esgoto coletado, o sistema de máquina viva apresenta-se como o que menos precisaria de espaço, seguido do sistema de lodo ativado, e por último, o jardim filtrante. Desta forma, a escolha de qual deles utilizar é condicionado ao espaço disponível para construção do sistema (FARR, 2013). Desta forma, como muitas vezes o espaço é determinante para a sua escolha, entende-se que o sistema que ocupar o menor espaço, apresenta a maior potencialidade neste quesito.

A valorização e preservação da biodiversidade foi analisada sob a perspectiva de como cada sistema poderia contribuir para melhorar a fauna/flora local. O sistema de lodo ativado possui baixo potencial, em virtude de se tratar de um sistema mecanizado, principalmente mediante o uso constante de produtos químicos (COMUSA, 2013; ROCHA; SANTOS; CARVALHO, 2016). A máquina viva apresenta

médio potencial, visto que seus tanques possuem diferentes espécimes de plantas e seres-vivos em cada etapa do procedimento. Entretanto, por se tratar de um sistema em local fechado, as espécies ali encontradas são muitas vezes pré-definidas, não definindo-as como "atratividade natural" (FARR, 2013). O sistema de jardins filtrantes, ao se concentrar em locais abertos, e de acordo com *Morais et al.* (2015), *Rodrigues e Brandão* (2015) e *Rocha, Santos e Carvalho* (2016), possuem potencial para funcionar como um parque urbano em função do seu espaço alagadiço. Além disso, podem ser empregadas plantas que levam em consideração as características locais, o que estimula a atratividade para a fauna local, valorizando assim, a biodiversidade do espaço.

A variável de valorização social define como os sistemas se comportam mediante outros tipos de utilização e usos no mesmo local. O sistema convencional apresenta baixo potencial para valorização social, considerando que o espaço é destinado somente ao tratamento dos efluentes em si, e por ser realizado em local fechado (ROCHA; SANTOS; CARVALHO, 2016). A máquina viva, por possuir as espécies nos tanques, pode possibilitar um melhor aproveitamento do espaço ao final do tratamento dos efluentes, para criação de peixes, plantas, ou aproveitar a água tratada em hortas, lavagens de calçadas, entre outros, o que demonstra que, mesmo que o foco principal seja o tratamento das águas cinzas, ainda é possível utilizar o espaço de outras formas (FARR, 2013). Porém, tendo em vista que se trata de um sistema em local fechado e o acesso não é livre, este sistema foi avaliado com médio potencial para a valorização social. O sistema de jardins filtrantes apresenta-se com alto potencial para valorização social, principalmente por sua potencialidade em ter seu uso de tratamento de efluentes e conjunto com parques/praças públicas, sendo possível a criação de áreas de lazer, inclusive em áreas abertas, com livre acesso para a população (MORAIS *et al.*, 2015; RODRIGUES; BRANDÃO, 2015; ROCHA; SANTOS; CARVALHO, 2016).

Na capacidade de tratar os resíduos provenientes das atividades humanas, o sistema de lodo é o único que consegue filtrar os efluentes do vaso sanitário (COMUSA, 2013; NECKEL; GOELLNER; BERTOLDI, 2016), por isso recebeu alto potencial. Os jardins filtrantes e as máquinas vivas realizam o tratamento apenas das águas cinza, ou seja, as provenientes de pias e tanques, recebendo assim, médio potencial.

4 CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada, foi possível concluir que os sistemas alternativos de tratamento de efluentes como jardins filtrantes e máquina viva possuem benefícios do ponto de vista econômico, ambiental e social, como também na infraestrutura sanitária local num todo. Para cidades de pequeno porte estes benefícios são ainda mais válidos, mediante as dificuldades financeiras e de gestão enfrentadas recorrentemente pelas mesmas, o que demonstra a potencialidade de efetiva aplicação destes sistemas. Destaca-se que ao levar em consideração as variáveis apresentadas, os jardins filtrantes apresentam-se como o sistema com maior potencial na maior parte dos casos, desde que seja considerado o espaço necessário para sua construção e operação. Ressalta-se ainda que, o sistema de lodo ativado, apesar de apresentar baixo potencial para algumas variáveis analisadas neste estudo, possui grande eficácia no tratamento dos poluentes. Ademais, é o único que realiza o tratamento das águas negras, provenientes de esgotamento do vaso sanitário.

Para concluir, como recomendação a trabalhos futuros, sugere-se estudos em relação aos sistemas de tratamento de efluentes de forma articulada, isto é, dos sistemas alternativos em conjunto com o convencional, como forma de aproveitar as potencialidades de cada, e garantir assim, um espaço que além de tratar os dejetos, ainda possa apresentar vantagens ambientais, sociais e econômicas. De modo mais específico, sugere-se realizar estudos financeiros comparativos entre os sistemas, a fim de avaliar a melhor aplicabilidade dos mesmos, sobretudo em municípios de pequeno porte sem a capacidade de grandes investimentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Faculdade Meridional – IMED.

REFERÊNCIAS

COMUSA, **PROJETO DE REPOSICIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS LUIZ RAU/PAMPA**. Novo Hamburgo-RS, 2013.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 326 p.

HOSEINGHOLI, P.; MOEINI, R.; ZARE, M. R... Number of Blockage Prediction for Sanitary Sewer Networks (Case Study: Isfahan Region 2). **Journl of Water and Wastewater**, v. 31, n. 1, p. 1-13, set. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 7 abril. 2020.

LISBOA, Severina Sarah; HELLER, Léo; SILVEIRA, Rogério Braga. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.341-348, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

MORAIS, Alysso Matheus Pimentel de et al. Jardim Filtrante como alternativa para o tratamento do riacho águas do ferro, antes de seu lançamento na praia de lagoa da anta. **Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 3, n. 1, p.83-94, nov. 2015.

NECKEL, Alcindo; GOELLNER, Emanuelle; BERTOLDI, Tauana. A eficiência no tratamento de efluente em indústria de balas com a modificação do lodo em reator anaeróbio. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 427-437, 2016.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Objetivo 6 Água Potável e Saneamento: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em: 04 maio 2020.

ROCHA, Mariana Ferreira; SANTOS, Bernadete; CARVALHO, Gilson Lemos de. A BIOTECNOLOGIA DOS JARDINS FILTRANTES DA DESPOLUIÇÃO DA LAGOA DA PAMPULHA. **Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 01, n. 85, p.1-12, jun. 2016.

RODRIGUES, Janaina Vitor; BRANDÃO, Jeane de Fátima Cunha. **FITORREMEDIÇÃO: JARDINS FILTRANTES COMO SOLUÇÃO PARA ÁGUAS CINZAS**. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DA FACIG, Manhauçu, 2015.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto**. 24. ed. Brasília, 2019. 186 p.