

ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DE NANOTECNOLOGIA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM SÃO MIGUEL DOS MILAGRES – ALAGOAS

Igor Duarte Rosa Lima¹

Engenharia Ambiental



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

Uma das principais vertentes do Saneamento Básico no Brasil compreende a coleta e tratamento de efluentes domésticos. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que cerca de 892 milhões da população mundial defecam ao ar livre, e 55% dos esgotos gerados no Brasil não são tratados. Logo, para lidar com essa questão, as Estações de Tratamento de Esgoto devem ser viabilizadas. Sua função consiste em tratar o esgoto por meio de processos físicos, químicos e biológicos para que os mesmos possam ser devolvidos ao meio ambiente de acordo com a legislação ambiental. O uso das melhores tecnologias para o tratamento de efluentes domésticos, como a BioGill, advém principalmente da necessidade de minimizar ao máximo os impactos na área da saúde, como a proliferação de doenças e na área ambiental, como a poluição nos mares. Portanto, a estação de tratamento efluentes, BioGill, foi instalada na cidade de São Miguel dos Milagres (apenas 8% de esgotamento sanitário adequado) com o objetivo de mostrar alternativas para o tratamento de parcela dos esgotos gerados na cidade com base em soluções descentralizadas de efluentes, demonstrando sua viabilidade. Esse biorreator constituído de fases aeróbias, anaeróbias e anóxicas apresentou eficiências de remoção de DBO e Nitrogênio em torno de 97,1% e 53,3%, respectivamente. Portanto, a tecnologia por ser descentralizada e de elevada eficiência pode ser uma solução para diversas cidades que possuem problemas de esgotamento sanitário não adequado.

PALAVRAS-CHAVES

Saneamento Básico. Tecnologias. Tratamento de Esgoto.

ABSTRACT

One of the main aspects of Basic Sanitation in Brazil comprises the collection and treatment of domestic effluents. According to the United Nations, it is estimated that around 892 million of the world's population defecate in the open, and 55% of sewage generated in Brazil is not treated. Therefore, to deal with this issue, the Sewage Treatment Plants must be made viable. Its function is to treat sewage through physical, chemical and biological processes so that they can be returned to the environment in accordance with environmental legislation. The use of the best technologies for the treatment of domestic effluents, such as BioGill, comes mainly from the need to minimize impacts in the health area, such as the proliferation of diseases, and in the environmental area, such as pollution in the seas. Therefore, the effluent treatment plant, BioGill, was installed in the city of São Miguel dos Milagres (only 8% of adequate sanitary sewage) with the objective of showing alternatives for the treatment of part of the sewage generated in the city based on decentralized solutions of effluents, demonstrating its viability. This bioreactor consisting of aerobic, anaerobic and anoxic phases showed BOD and Nitrogen removal efficiencies around 97.1% and 53.3%, respectively. Therefore, because the technology is decentralized and highly efficient, it can be a solution for several cities that have problems with inadequate sanitary sewage.

KEYWORDS

Basic Sanitation, Technologies, Sewage Treatment.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Conselho Nacional de Meio ambiente (CONAMA), conforme a resolução 430/2011, Esgoto Sanitário é a denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais e águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos. Logo, uma das vertentes do saneamento básico é a coleta e tratamento desses efluentes.

Porém, devido à falta de investimentos em saneamento nas cidades, os efluentes gerados são lançados sem nenhum tratamento em corpos hídricos e nas redes coletoras de água pluvial. Isso faz com que ocorra a deterioração da qualidade da água e limite os seus usos em decorrência da concentração elevada dos poluentes, principalmente nitrogênio, que faz com que origine o processo de eutrofização, que é o crescimento excessivo de algas devido a presença de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2015), metade da população brasileira (50,3%) tem acesso a coleta de esgoto, ou seja, mais

de 100 milhões de brasileiros descartam seus efluentes de maneira direta nos cursos hídricos ou em fossas. Sendo assim, o risco de aumentar a proliferação de vetores é muito grande. Estima-se que cerca de 80% de todas as doenças humanas estejam relacionadas, de forma direta ou indireta, com a água não tratada, ao saneamento precário e a falta de higiene (GUIMARÃES et al., 2012).

Assim sendo, a implantação de um sistema de tratamento de efluente sanitário em uma cidade relaciona-se as três principais vertentes: ambiental, social e econômico. O objetivo do tratamento do ponto de vista social é a prevenção, o controle e a erradicação de doenças de veiculação hídrica. Do ponto de vista econômico, ocorre o aumento da produtividade industrial devido à melhoria da qualidade ambiental dos corpos hídricos e do ponto de vista ambiental, a preservação dos recursos hídricos.

Portanto, uma das tecnologias que podem ser adotadas para tentar minimizar esses impactos é o reator biológico de membranas nano-cerâmicas denominado BioGill. Esta tecnologia realiza o tratamento de esgoto doméstico, garantindo uma eficiência média de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em torno de 90% e de nutrientes em torno de 80% (BIOGILL, 2017).

Diante do exposto, esta pesquisa visa apresentar informações a respeito das condições de esgotamento sanitário da cidade de São Miguel dos Milagres e melhorá-la por meio da implementação do primeiro sistema descentralizado de membranas nano-cerâmicas em uma cidade do estado de Alagoas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS LEGAIS

Com vistas à minimização dos impactos ambientais que o descarte de efluentes pode gerar nos corpos hídricos, foram criadas diretrizes federais e até mesmo estaduais para limitar ainda mais os parâmetros estabelecidos nas normas federais.

A principal diretriz, que é federal e rege o descarte dos efluentes é a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011. Esta resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, tanto em corpos d'água quanto em solos. A resolução ainda abrange a capacidade de suporte do corpo receptor, ou seja, o valor máximo de cada poluente que pode ser lançado no corpo hídrico sem comprometer a qualidade da água e a biota e a porcentagem ideal de concentração de efluentes em rios, águas marinhas, lagos e estuarinos.

Os efluentes deverão obedecer aos seguintes padrões mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros e condições da CONAMA 430/2011

Parâmetro	Condição
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	Inferior a 40°C
Materiais Sedimentáveis	Até 1 mL/L
Óleos Minerais	Até 20 mg/L
Óleos Vegetais e Gorduras Animais Materiais Flutuantes	Até 50 mg/L Ausente
DBO	Eficiência mínima de 60% ou Máximo de 120 mg/L
Nitrogênio amoniacal total	Até 20 mg/L

Fonte: Conama nº 430 (2011).

2.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Segundo a NBR 12209/11, Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, acessórios, sistemas de utilidades e órgãos auxiliares cuja finalidade é a redução de cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento de matéria residual resultante do tratamento.

Para que o tratamento de esgoto obtenha êxito, deve-se utilizar tecnologias capazes de proporcionar condições essenciais para a atividade metabólica dos microrganismos, entre eles bactérias, protozoários e algas. Entre os principais processos e tratamentos biológicos capazes de proporcionar essas condições estão: os processos aeróbios (que utilizam oxigênio para a degradação da matéria orgânica), como lodos ativados e lagoas de estabilização e os processos anaeróbios (que não utilizam oxigênio para a degradação da matéria orgânica), como os reatores de fluxo ascendente (UASB) e fossas sépticas.

Ao considerar as limitações desses tipos de tratamento em termos de eficiência de remoção de material orgânico e principalmente nutrientes, deve-se adotar tecnologias mais atuais para a remoção dos poluentes presente no esgoto sanitário, uma vez que estas tecnologias seriam capazes de manter os padrões de lançamento nos corpos receptores em cumprimento com a legislação vigente, a fim de conservar os inúmeros usos de água e ecossistemas.

Conforme Von Sperling (2005), o tratamento de efluentes é dividido em quatro partes, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas do Tratamento de Efluentes

Tratamento	Objetivos e Sistemas
Preliminar	Objetivo: Remoção de Sólidos grosseiros (como madeira, plástico etc), areia e gorduras com a finalidade de evitar possíveis danificações as tubulações e equipamentos. Sistemas: Gradeamento, Caixa de areia, Caixa de Gordura e Medidor de Vazão.
Primário	Objetivo: Remoção de sólidos sedimentáveis com a finalidade de evitar lançamentos de efluentes com alto teor de sólidos. Sistemas: Decantadores Primários e Secundários.
Secundário	Objetivo: Remoção de matéria orgânica em suspensão e solúvel. Sistemas: Lodos Ativados, UASB, Fossas Sépticas, Lagoas de Estabilização, Biogill etc.
Terciário	Objetivo: Remoção de nutrientes, patógenos, sólidos em suspensão remanescentes, metais pesados etc, com a finalidade de adequar a água ao seu uso e a legislação vigente. Sistemas: Osmose Reversa, Troca Iônica, Adsorção, Microfiltração etc

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

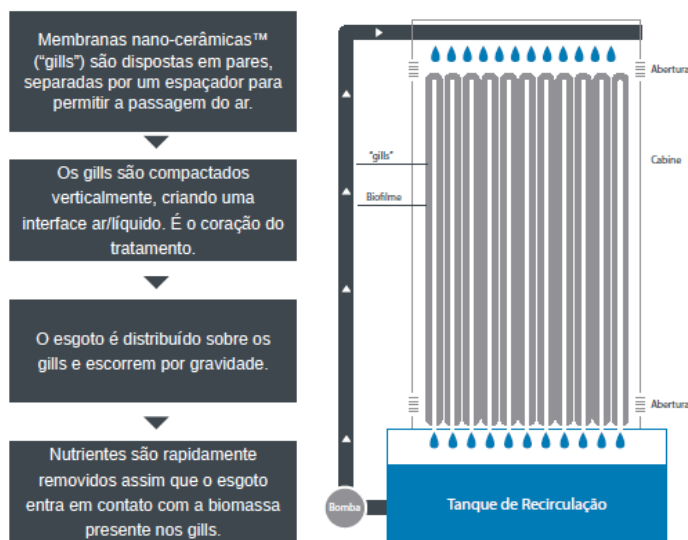
2.3 BIOGILL

Com base em uma maior preocupação com os problemas ambientais, problemas de saúde pública e de natureza estética, diversas tecnologias começaram a ser desenvolvidas com o intuito de minimizar essas consequências. Além disso, as crescentes preocupações com a geração de lodo (um dos maiores custos em uma estação de tratamento de efluentes), simplicidade nos sistemas, operacionalidade e maior eficiência na remoção dos poluentes tem se demonstrado um dos pontos mais importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Com isso, a BioGill é um dos sistemas de tratamento de efluentes que aborda esse conceito.

A BioGill é um biorreator suspenso e não submerso composto por um conjunto de membranas formadas por um gel nano cerâmico. Esse sistema é caracterizado por ser uma estação descentralizada, uma vez que não necessita de grandes

distâncias para tratar o efluente da fonte geradora, isto é, não necessita de grandes obras de infraestrutura para implementação desse sistema. As membranas da Bio-Gill fornecem condições ideais para que os microrganismos possam se desenvolver em um biofilme fixo. Estas membranas são compostas de dois lados, o lado “ar” (aeróbio) e lado “líquido” (anaeróbio). O funcionamento da BioGill é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – O Sistema BioGill



Fonte: BioGill (2015).

Conforme a BioGill (2015), os efluentes são alimentados a partir de dispersores localizados na parte superior do equipamento. O esgoto flui por ação da gravidade, o que minimiza os custos com energia. Logo após isto, o efluente é dispersado sobre as membranas que são hidrofílicas (possuem afinidade com a água) e permitem que o efluente seja absorvido. Com isto, a biomassa – Figura 2 – cresce do lado do ar e do lado do líquido. A biomassa que cresce no lado do ar é a biomassa aeróbia. Já a biomassa que cresce no lado líquido é anaeróbia e depende de aceitadores de elétrons diferentes do oxigênio, como nitrato (anóxico) ou substâncias orgânicas (anaeróbico).

Figura 2 – As membranas

Fonte: BioGill (2015).

A BioGill (2015) elucida sobre a composição das membranas e a descrição das etapas de formação do biofilme, relatando que os espaços intermédios da matriz de gel criam capilares de águas residuais e permite que a biomassa do lado do ar se alimente dos nutrientes do lado da água. A biomassa formada cria hifas no biofilme, canalizando naturalmente a alimentação para áreas de demanda. As secreções de biomassa podem difundir para o lado do ar, se volátil, ou para o líquido. A relação entre a biomassa do lado do ar e do lado líquido depende de muitos fatores, incluindo a facilidade de biodegradação do efluente, temperatura das águas residuais e ar ambiente, carga de DBO, disponibilidade de nutrientes, alcalinidade da água, pH e a presença de inoculações de bactérias nas águas residuais.

A atividade metabólica das bactérias gera calor, o que cria um movimento de ar convectivo dentro do sistema. Logo, a retenção deste calor dentro do sistema resulta em um melhor desempenho. Portanto, trata-se de um reator biológico de superfície que possui membranas nano cerâmicas dispostas verticalmente, que fornece um ambiente ideal para o crescimento bacteriano por receber o fluxo de esgoto e de ar que maximizam o desempenho metabólico dos microrganismos.

3 METODOLOGIA

Para analisar todo o projeto-piloto que está sendo instalado na cidade de São Miguel dos Milagres, algumas variáveis tiveram que ser levadas em consideração. Entre elas: o esgotamento sanitário da cidade, a caracterização do efluente que seria tratado pelo equipamento e o plano de monitoramento.

A cidade de São Miguel dos Milagres/AL, apresenta uma população estimada de 7.163 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em, 2010. Também, a cidade apresenta apenas 8% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Além da cidade em si, estão incluídos os povoados Riacho, Toque e Porto da Rua. A localização da cidade e dos povoados estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Localização e Coordenadas dos pontos da cidade

Localidade	Coordenadas
Povoado Riacho Doce	Latitude: 9°14'11.35"S Longitude: 35°21'2.51"O
Cidade de São Miguel dos Milagres	Latitude: 9°14'11.35"S Longitude: 35°21'2.51"O
Povoado Toque	Latitude: 9°14'11.35"S Longitude: 35°21'2.51"O
Povoado Porto da Rua	Latitude: 9°14'11.35"S Longitude: 35°21'2.51"O

Fonte: Google Earth (2019).

Para analisar como o projeto seria implementado, tomou-se como base as informações elencadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Condições de Implementação da ETE

Variáveis	Condições
Consumo de água	120 Litro/habitante.dia
Geração de efluente	108 Litros/habitante.dia
Geração de efluente total	851.904 Litros/Dia

Fonte: Autor (2019).

Além disso, o efluente que é descartado ao longo da cidade é proveniente, principalmente, dos vasos sanitários das residências, aonde grande parte é direcionado para fossas sépticas e com isso acaba por provocar contaminação as águas subterrâneas da região.

Os demais efluentes que não são direcionados para as fossas, acabam sendo direcionados para os canais do entorno da cidade e destes seguem seus destinos normais para rios e mares. Esta realidade está elencada na Figura 3.

Figura 3 – Os efluentes ao longo da cidade

Fonte: Autor (2018).

Logo, existe uma enorme vulnerabilidade desses efluentes chegarem aos mares da cidade e provocarem impactos sociais, como proliferação de doenças, impactos ambientais, como a diminuição na qualidade de água, eutrofização e diminuição da biodiversidade no entorno e principalmente impactos econômicos, como a diminuição de geração de renda da população por conta da péssima qualidade de seus mares, pois a cidade tornou-se referência turística no Brasil e no Mundo por conta de suas praias.

Primeiramente é avaliado o local para a instalação do equipamento. O principal fator que é levado em consideração é a dificuldade de realizar interligações dos efluentes gerados nas casas para o equipamento. Com isso, o melhor local para colocar a BioGill é próximo a um córrego para que o equipamento possa realizar o tratamento dos efluentes que são descartados nesse canal, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Local do Equipamento

Fonte: Autor (2019).

4 RESULTADOS

A primeira avaliação consistiu na caracterização da água deste córrego para verificar se ele contém esgoto. O resultado elencando na Tabela 4 demonstra que o córrego apresenta em sua composição efluente.

Tabela 4 – Caracterização do esgoto do córrego

Parâmetro	Concentração Típica	Resultado
DBO (mg/L)	190	194
DQO (mg/L)	430	300
Óleos e Graxas (mg/L)	90	140,2
pH	-	6,95
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	10	0,2
Fosforo (mg/L)	7	51,9
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	25	11,2

Fonte: Autor (2019).

Posteriormente, foi verificado que seria necessário implementar o sistema Bio-Gill para tratar parte dos efluentes que são gerados em um córrego em específico para minimizar os impactos que estavam sendo ocasionados à população, principalmente em relação a poluição dos mares. O intuito de implementar esse projeto foi mostrar que existem soluções viáveis para o esgotamento sanitário. O projeto demonstrado na Figura 6 foi implementado em aproximadamente 10 horas e é composto por: decantador primário, Biogill, decantador secundário e cloração para a eliminação dos coliformes termotolerantes.

Figura 6 – O projeto-piloto



Fonte: Autor (2019).

O sistema foi implementado na cidade por um período de 6 meses e foi realizada uma série de baterias de análises para verificar se o efluente está sendo tratado. A Tabela 5 mostra uma dessas análises, bem como a Tabela 6 demonstra as principais eficiências dos parâmetros elencados. A coleta foi realizada da seguinte forma: antes do decantador primário (efluente bruto) e após a cloração (efluente tratado).

Tabela 5 – Resultado do Projeto Piloto

Parâmetro	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Legislação CO-NAMA 430/2011
DBO (mg/L)	69	2	Em conformidade
DQO (mg/L)	150	103,3	Sem especificação
pH	7,01	7,37	Em conformidade
Fosforo (mg/L)	0,59	0,78	Sem especificação
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,45	0,21	Em conformidade
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	16.000.000	<18	Sem especificação
Temperatura (°C)	28,6	29,9	Em conformidade
Cloro Residual (mg/L)	-	2,79	Sem especificação

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 – Eficiência de algumas variáveis do Projeto Piloto

Parâmetro	Eficiência (%)
DBO (mg/L)	97,1
DQO (mg/L)	31
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	53,3
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	99,9

Fonte: Autor (2019).

Vale ressaltar que esses valores foram muito menores quando comparados a primeira caracterização do córrego que foi realizada, já que o período de captação de amostras foi em época chuvosa, o que colaborou para a diluição do efluente no córrego. Além disso, a dificuldade de coleta do esgoto foi árdua, já que muitas das vezes as bombas não funcionavam corretamente devido ao alto descarte de resíduos sólidos no córrego, mesmo realizando uma barreira para impedir a entrada dos mesmos.

Salienta-se, também, que o sistema implementado quando comparado com outros sistemas apresenta: baixo custo operacional e de manutenção, baixo consumo energético e não se utiliza produtos químicos para limpeza das membranas. O sistema ainda suporta carga de choques, como óleos e gorduras de até 100 mg/L e concentração de DBO de até 10.000 mg/L (BIOGILL, 2015).

Esse projeto ainda iria contar com reuso do efluente tratado na irrigação, automação e energia solar. A água seria destinada para algumas culturas localizadas

na região, a automação possuiria um foco em minimizar os erros operacionais e a energia solar iria alimentar a bomba de recirculação do sistema. Com isso o sistema tornaria-se totalmente sustentável e aplicável em cidades de pequeno a médio porte. Porém, o projeto foi finalizado antes mesmo de trazer todos esses conceitos.

Por ser um sistema descentralizado de efluentes, o mesmo apresenta diversos benefícios, entre eles: pode prover tratamento equivalente aos sistemas centralizados (USEPA, 2005), pode facilitar o planejamento e a flexibilidade de tomada de decisões (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013) e também pode resultar em valoração dos imóveis, desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da população (USEPA, 2005).

Apesar desses benefícios quanto a sua descentralização, a BioGill quando comparada com outros sistemas apresenta um custo de implementação alto, mas seu custo de operação é extremamente baixo, já que eles não utilizam aeradores, basta uma bomba com potência de 0,75 kw/h para realizar o bombeamento do efluente para o topo do reator, gera pouco lodo e não precisa de um operador altamente capacitado (BIOGILL, 2015). Sendo assim, evidencia-se que por mais que existam sistemas mais convencionais caracterizados pela sua descentralização, como as fossas sépticas, estas apresentam diversas desvantagens, entre elas: crescimento do biofilme lento, usualmente necessita de pós-tratamento, geração de gases com mau odor e remoção de patógenos e nutrientes insatisfatórios, o que pode contribuir para o aumento de doenças de veiculação hídrica e processos de eutrofização (CHERNI-CHARO, 1997).

5 CONCLUSÃO

Ao longo do período de análise da viabilidade do projeto, monitoramento das possíveis vulnerabilidades da área, como a chegada do efluente até as praias e o início da operação do sistema, foi possível observar que a cidade necessita de sistemas descentralizados de efluentes para que ocorra a minimização dos custos com implantação de redes coletoras e a maximização da eficiência do tratamento, já que muitos sistemas utilizados não atendem a legislação vigente e terminam por contaminar os aquíferos.

A tecnologia BioGill não conseguiu atender as eficiências elencadas por ela de 80% devido à baixa quantidade de carbono no sistema, entretanto conseguiu atingir as eficiências elencadas pela CONAMA 430/11. Ademais, essa realidade não é só encontrada em São Miguel dos Milagres, mas também em outros municípios brasileiros, sendo necessário a expansão do esgotamento sanitário nessas cidades, já que este tópico tão importante está atrelado a desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209/11**. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de efluentes sanitários. Comissão de Estudo de Sistemas de Efluente Sanitário. Brasília, DF.

AYACH, L. R.; GUIMARÃES, S. T. L.; CAPPI, N.; AYACH, C. Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos. **Caderno de Geografia**, v. 22, n. 37, p. 47-64, jan./jun. 2012.

BATISTA, Onavlis. **Biorreator composto por membranas nano cerâmicas filtradoras**. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Tiradentes (UNIT), Maceió, AL, 2017.

BELEZAS Brasileiras. São Miguel dos Milagres: mar, sombra e água fresca em um verdadeiro caribe brasileiro. **Contexto Exato**, Brasília, 26 mar. 2019. Disponível em: <https://www.contextoexato.com.br/post/sao-miguel-dos-milagres-mara-sombra-e-agua-fresca-em-um-verdadeiro-caribe-brasileiro>. Acesso em: 22 set. 2019.

BIOGILL. **Sales brochure decentralized sewage**. Abril, 2017.

BIOGILL. **Technical design manual**. 3ª versão. Setembro, 2015.

BRASIL, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos –2014**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2019.

CHERNICHARO, C. A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 5: Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte., 1997. 245 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**. Dispõe sobre classificação de corpos d'água e estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2011.

GOOGLE Earth. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 22 set. 2019.

GUIMARÃES, Solange T. de Lima; AYACH, Lucy; CAPPI, Nanci; AYACH, Carlos. **Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos**. 2015. 10.13140/RG.2.1.4176.2403.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. *In*: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 213-232. ISBN 9788578792824.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. 2015.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>. Acesso em: 22 set. 2019.

USEPA – United States environmental protection agency. Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems. **An introduction to management tools and information for implementing EPA's Management guidelines.** 2005. USEPA: EPA N. 832-B-05-001. Cópia eletrônica. Disponível em: www.epa.gov/owm/onsite. Acesso em: 22 set. 2019.

VIEIRA, Rafaela. **Membranas nano-cerâmicas para tratamento de esgoto sanitário.** 2018, 57 f. Trabalho de conclusão Curso (Bacharelado de Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Tiradentes (UNIT), Maceió, AL, 2018.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte:** departamento de engenharia sanitária e ambiental, DESA. 3. ed. UFMG, 2005. Vol. 3.

Data do recebimento: 21 de maio de 2021

Data da avaliação: 9 de agosto de 2021

Data de aceite: 12 de setembro de 2021

1 Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária; Mestrando em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE. E-mail: igorduarler@hotmail.com