

O emprego de tanques de evapotranspiração em espaços residenciais urbanos e periurbanos sob o contexto da melhora da qualidade de vida, destinação correta de efluente sanitário e saneamento de baixa emissão de GEE

*Vanessa Cristina Rezende Melandri**

*Cauê Neves Peres Leite***

*Kalleb Gabryell Magalhães Silva***

*Matheus Balbino Nogueira***

Introdução

O efluente sanitário e sua forma de tratamento são indicadores da qualidade de vida dos habitantes de uma área analisada. Em 2010, no Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 46,5% da população urbana não tinha acesso a um sistema de coleta de esgoto e, considerando as informações do Painel Saneamento Brasil (PSB), sua renda média era de R\$ 270,59 per capita. Tal fato, além de promover a piora da qualidade de habitação, incrementa a piora da saúde pública, o que se evidencia com 603.623 internações relacionadas a doenças de veiculação hídrica (diarreia, malária, dengue, leptospirose, entre outras) no mencionado ano.

Comparativamente, no ano de 2022, conforme as informações mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Índice de Esgoto Tratado Referido à Água Consumida (IN046) médio municipal foi de 52,23%, o que indica que usualmente 47,77% do esgoto gerado em cidades não era tratado (SNIS, 2023), tendo como destino o despejo irregular ao ar livre. Quando feito em corpos d'água, o descarte impróprio aumenta a Demanda Biológica por Oxigênio (DBO), o que, pelo rápido esgotamento do gás presente, promove o surgimento de bactérias anaeróbias e aumenta o índice de insalubridade do rio e da região. A falta de oxigênio causa a morte generalizada de espécies aquáticas, pois impede a respiração dos seres, de forma a comprometer a biodiversidade do corpo

* Doutora em ciências na área de biodiversidade e saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro/RJ.

** Alunos do terceiro ano do ensino médio no Colégio Militar do Rio de Janeiro.

hídrico. Por fim, os dejetos despejados afetam a qualidade do solo próximo, estendendo os impactos da poluição das águas para o meio seco.

Altos níveis de DBO comprometem o ecossistema local e contribuem para o processo de eutrofização. Esse fato é percebido em diversos corpos aquáticos brasileiros, como os rios Tietê e Pinheiros, ambos localizados no Estado de São Paulo, os quais, por conta de seus elevados níveis de insalubridade devidos à poluição, levaram ao estabelecimento de 54 contratos voltados para os programas “Despoluição do rio Tietê” e “Programa Novo Pinheiros”. Com isso, geraram gastos que ultrapassam os R\$ 3,6 bilhões (Tribunal de Contas do Estado de São Paulo, TCESP, 2021). No Brasil, cerca de 5.516 toneladas do total de 9.098 de DBO gerado ao dia são dispostas irregularmente a céu aberto, de modo que apenas 39% da carga orgânica de todo o efluente sanitário produzido é removida (Agência Nacional de Águas, 2017).

O alastramento de doenças se dá por conseguinte, uma vez que áreas com acúmulo de material orgânico não tratado criam condições favoráveis para a reprodução de vetores como mosquitos, ratos e baratas. De acordo com Basso et al (2015), há um elevado índice de parasitoses intestinais que se apresentam de forma endêmica, relacionadas principalmente à falta de saneamento, ao nível socioeconômico, ao grau de escolaridade e às práticas de higiene.

Além disso, mesmo quando há tratamento dos efluentes, a problemática ambiental se mantém relevante, afinal, de acordo com Boratto et al (2021), a expressiva maioria da população dos municípios de pequeno e médio porte (até 100 mil habitantes) tem seus esgotos tratados por processos anaeróbios, sendo em torno de 95% das Estações de Tratamento

de Esgoto (ETE's) a parcela empregadora de tais em seu funcionamento. Apesar das vantagens do emprego dos processos anaeróbios – baixo custo, simplicidade operacional e baixa geração de lodos—, esses processos têm como resultado o metano (CH₄), um gás de efeito estufa (GEE) com potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao gás carbônico (IPCC, 2006; IPCC, 2014).

Estudos realizados por Salomon et al. (2009) estimaram que a produção anual de metano proveniente do tratamento anaeróbio de esgoto doméstico no Brasil, à época, seria da ordem de 50.000 toneladas de CH₄ ao ano. Outro relatório do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2019) aponta que, de 2000 a 2018, as emissões de GEE do setor de resíduos (que compreende o tratamento de efluentes e a disposição de resíduos sólidos) tiveram aumento de 95%. Se, por um lado, esse dado reflete uma possível melhoria nas condições sanitárias do país, por outro, coloca em pauta a discussão sobre a atual matriz tecnológica para tratamento de esgotos, bem como a relevância de incorporar medidas de redução das emissões de GEE no setor (Boratto et al 2021).

Como um agravante da problemática, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), 68% da população mundial residirá em cidades e ambientes urbanos no ano de 2050, o que representa um aumento de 12% em relação à porcentagem de 2021, mostrando que a tendência da humanidade é urbana. Dessa forma, espera-se um aumento na produção de efluentes sanitários nas cidades para os próximos anos, de forma a agravar o problema em curso, uma vez que as questões referentes ao saneamento urbano atuais permanecem sem solução adequada. Assim, eleva-se a demanda por uma tecnologia ecológica com o meio ambiente e de qualidade.

Para que não haja um agravamento do quadro descrito, são necessários investimentos públicos na infraestrutura nacional de tratamento de esgoto. No entanto a universalização dos serviços poderá promover um aumento nas emissões de GEE, caso não sejam adotadas medidas contrárias às práticas de tratamento de esgoto conduzidas (Boratto *et al* 2021). Torna-se necessário, portanto, o emprego de uma alternativa econômica e acessível para a maioria dos estados brasileiros, capaz de fazer o tratamento do efluente sanitário com baixa emissão de GEE.

Tendo em vista que 95% dos municípios brasileiros possuem população abaixo dos 100 mil indivíduos, as tecnologias selecionadas para saneamento sanitário devem ser operacionalmente simples e viáveis economicamente (BORATTO *et al* 2021). O tanque de evapotranspiração, então, faz-se, no cenário retratado, uma excelente alternativa tecnológica para núcleos urbanos e periurbanos por cumprir as demandas descritas, apresentando reduzidas emissões de GEE, simplicidade operacional, baixo custo de instalação e baixa frequência de manutenção.

Sistema analisado e seu dimensionamento

O sistema de tanques de evapotranspiração (TEvap) ou bacia de evapotranspiração (BET), consiste em um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de material filtrante e plantado com espécies vegetais diversas (GALBIATTI, 2009). Esse sistema foi implementado para garantir o saneamento básico e segurança hídrica em áreas periurbanas de localidades sem acesso aos serviços adequados de coleta e de

tratamento de esgoto, como na comunidade do Engenho Velho e no Condomínio Amizade, ambas áreas periféricas de João Pessoa, na Paraíba. Segundo Paes, Crispim e Furtado (2014), a iniciativa foi capaz de efetivar melhorias socioambientais nas comunidades, minimizando a contaminação do ambiente e a exposição dos esgotos nos locais.

Tal melhoria na qualidade de vida, acompanhada pelos benefícios evidentes ao meio ambiente, ocorre conforme Galbiati (2009), que explica que o efluente sanitário proveniente da descarga entra pela câmara de recepção, localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, a primeira camada de entulho cerâmico e pedras, naturalmente colonizada por bactérias que consomem a matéria orgânica introduzida, de modo a ocorrer na câmara de recepção e na camada de material cerâmico a digestão anaeróbia do efluente.

Com o aumento do volume de esgoto no tanque, o conteúdo preenche as camadas superiores, de brita e areia, até atingir a camada de solo acima, movendo-se, por ascensão capilar, até a superfície, onde evapora. Durante esse trajeto, o efluente é mineralizado e filtrado, através de processos aeróbios de decomposição microbiana. As raízes das plantas localizadas nas camadas superiores se desenvolvem em busca de água e dos nutrientes disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica. Pela evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto os nutrientes presentes são incorporados à biomassa das plantas. A Figura 1 ilustra a estrutura do TEvap.

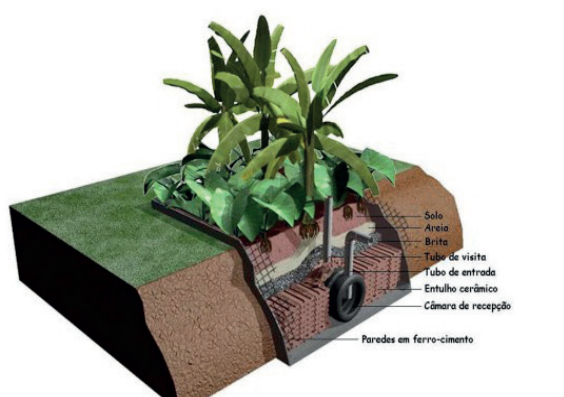


Figura 1: Ilustração da estrutura do TEvap.

Fonte: Galbiatti (2009)

O produto final do sistema é o efluente estabilizado e sem odores, que é utilizado pelas plantas para desenvolvimento próprio e o biogás (CH_4), formado pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica. Após ser gerado, ao passar pela camada de solo no tanque, é consumido por bactérias metanotróficas desenvolvidas naturalmente. Elas promovem a oxidação do metano na presença do oxigênio, gerando, respectivamente: metanol, formaldeído, dióxido de carbono e água, conforme a equação descrita por Cicerone & Oremland (1988).

Na proporção 1:1, a quantidade molar de metano produzido é a mesma convertida em dióxido de carbono, que é espontaneamente utilizado pelas plantas do sistema para realização da fotossíntese e produção de gás oxigênio, o que encerra o ciclo de emissões carbônicas, conforme a equação apresentada por Moreira (2013).



Imagem 1: Reação química

Fonte: Cicerone & Oremland (1988)

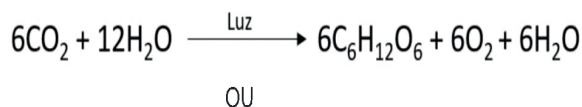


Imagem 2: Reação química

Fonte: Moreira (2013)

Para fazer o dimensionamento do sistema, Galbiatti (2009) sugere o emprego da seguinte equação, determinando a área da fossa em função de seu balanço hídrico:

$$A = \frac{n \cdot Q_d}{ET_0 \cdot k_{\text{evap}} - P \cdot k_i}$$

Onde:

A = área superficial do tanque, em m^2 ;

n = número médio de usuários do sistema;

Q_d = vazão diária por pessoa, em l.d^{-1} , de acordo com o tipo de descarga e o número de utilizações por pessoa;

k_{evap} = coeficiente do tanque, adotado como 2,71, para as condições da realização da pesquisa;

ET_0 = evapotranspiração de referência média do local, em mm.d^{-1} ;

P = pluviosidade média do local, em mm.d^{-1} ;

k_i = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

Imagem 3: Equação de Galbiatti

Fonte: Galbiatti (2009)

Ainda que o sistema seja, na atualidade, majoritariamente utilizado em áreas rurais, o equacionamento anterior permite que haja adequações para regiões urbanas com significativa densidade populacional, como condomínios e áreas de habitação.

Para uma exemplificação da implementação do sistema em uma área residencial urbana, considerou-se um bloco do conjunto Jardim Canário, de coordenadas $22^\circ 52' 4'' \text{S}$ $43^\circ 16' 0'' \text{W}$, um dos imóveis habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), localizado no Complexo do Alemão, bairro Irajá, na cidade do Rio de Janeiro. Um prédio do condomínio conta com cinco pavimentos e

quatro apartamentos por andar, que resulta num cálculo de vinte apartamentos por prédio. De acordo com o censo demográfico de 2022 do IBGE, a média de moradores por domicílio é de 2,79. Para fins práticos, será arredondada para três. O prédio com vinte apartamentos e três pessoas por apartamento acomoda sessenta pessoas, conforme ilustrado na figura 2.

Cada descarga do vaso sanitário pode gastar de 7 a 20L. Galbiatti (2009) utilizou como base uma caixa de 8L e considerou que cada pessoa utiliza o sanitário 4 vezes ao dia. Logo, estimou-se um consumo per capita de 32L. Então, pode-se utilizar os dados para calcular a área de um TEvap capaz de servir à exigência das 60 pessoas de acordo com a equação apresentada.

Para o cálculo, utilizar-se-ão os dados do ambiente do citado edifício, no bairro Irajá, na cidade do Rio de Janeiro. Durante a definição da evapotranspiração média, utilizou-se o Sistema de Estimativa de Evapotranspiração (SEVAP), desenvolvido por Da Silva et al (2004) como ferramenta auxiliar para, por meio da equação de Hargreaves & Samani (1985), calcular o valor mensal da variável, que depende dos



Figura 2: Modelo virtual para ilustração do emprego do TEvap no condomínio

Fonte: Os autores

valores diários das temperaturas máxima e mínima. Tais valores foram retirados do Sistema Alerta Rio (SAR), considerando-se o dia quinze de cada mês do ano de 2023, excetuando apenas o período de abril a junho por conta da lacuna no banco de dados do SAR. Após a apuração, estimou-se uma média equivalente a 5,19 mm/dia (gráfico 1).

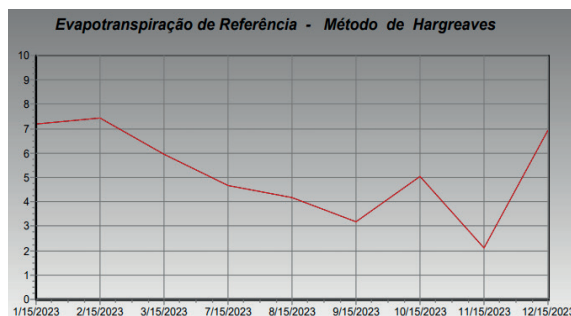


Gráfico 1: Resultados do cálculo da Evapotranspiração Média do dia quinze de cada mês na plataforma SEVAP
Fonte: Os autores

Também, a partir de dados pluviométricos de 2022 do SAR para o bairro Irajá, definiu-se que a pluviosidade média é igual a 2,74 mm/d. O coeficiente do tanque (Ktevap), estimado por Galbiatti (2009), foi adotado como 2,71. Por fim, o coeficiente de infiltração (variável dependente da forma com que o tanque foi construído), dada uma boa estrutura, é igual a 0,2. Portanto, substituindo os valores encontrados na fórmula de Galbiatti (2009), tem-se uma área de aproximadamente 142 m².

$$\text{Área} = \frac{60 \times 32}{(5,19 \times 2,71) - (2,74 \times 0,2)}$$

Imagem 4: Fórmula

Fonte: Adaptado de Galbiatti (2009)

Cabe-se ressaltar que a área do TEvap, para melhor adaptação à construção, pode ser segmentada, de modo que cada parcela atenda a uma fração do prédio, conforme hipotetizado nas figuras 3 e 4.



Figuras 3 e 4 : Ilustração da possível segmentação da área do TEvap para melhor adaptação na área disponível para construção.

Fonte: os autores

Apesar dos custos iniciais potencialmente maiores em comparação com a tarifa média de coleta de esgoto (equivalente a R\$4,56/m³ no ano de 2022, PSB), os TEvaps proporcionam economia a longo prazo. Ao se considerar o gasto total dos projetos, devido ao emprego de resíduos da construção civil e à irrisória manutenção, haja vista que, quando corretamente dimensionado, raramente acontecerá extravasamentos ou entupimentos (FIGUEIREDO 2019), o investimento inicial é compensado, sendo menor que a aquisição de outros sistemas (SANTOS E SILVA, 2016); (STAFFORD E CÁSSIA, 2022). Além disso, as reduções de despesas pelo aumento da saúde populacional, pela mitigação de impactos

ambientais e pela facilitação da recuperação de ecossistemas comprometidos, como os rios Tietê e Pinheiros, também são consideráveis.

Outrossim, aspectos que acarretam numa melhoria na qualidade de vida dos compossuidores são observados: o TEvap, ao se assimilar a uma horta comunitária, promove um ambiente restaurador e propício para renovação psicológica (CHIERRITO-ARRUDA et al, 2018), podendo suprir atividades para idosos aposentados e crianças. Também, por propiciar o fácil acesso a produtos orgânicos, contribui para a reeducação nutricional (SANTOS; MACHADO, 2020) e combate a insegurança alimentar (KLOCKNER; DE OLIVEIRA, 2020). Por fim, a redução da poluição hídrica, e consequente diminuição de vetores de doenças de veiculação hídrica, promove a saúde pública.

Assim, uma tecnologia alternativa com capacidade de operar com reduzida emissão de GEE, quando generalizada pelo Brasil, de acordo com Boratto et al, 2021, tem potencial de reduzir a quantidade de emissões de gás metano equivalente a 290.813.261 kg/ano referentes aos atuais métodos anaeróbios empregados para tratamento de esgoto. Além do benefício climático que essa redução traz, ressalta-se o ganho ambiental da redução das taxas de DBO dos corpos d'água afetados pela incorreta deposição de dejetos, haja vista a diminuição da eutrofização, o facilitamento do processo de restauração dos rios e a melhoria da qualidade dos solos acometidos pelo descarte irregular.

Em termos relativos, a área de um campo de futebol profissional é de cerca de 1 hectare. Então, se um TEvap de 142m² é capaz de atender a 60 pessoas. Logo, um sistema com o dimensionamento de um campo de futebol poderia tratar o esgoto de cerca de 4.291 pessoas.

Ressalta-se ainda que, dado às suas condições demográficas, geográficas e climáticas, a utilização

dos TEvaps no Brasil é mais favorável, se comparada à realidade dos países de clima temperado, como os Estados Unidos da América, país pioneiro nesta tecnologia (Sistema *Watson wick*, que recebe o nome de seu criador, Tom Watson).

Conclusões

No atual cenário sócio-político brasileiro, no qual há elevada demanda por ferramentas de saneamento econômico de fácil acesso que cumprem às demandas de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável, tecnologias verdes poupadoras de recursos materiais e financeiros são cada vez mais importantes. O Tanque de Evapotranspiração (TEvap), sendo uma dessas tecnologias, possui funcionalidades importantes tanto para municípios que possuem rede coletora de esgoto, mas se projetam para reduzir agressões ao ecossistema, quanto para regiões em estado de desamparo desse serviço, diminuindo os impactos socioambientais provenientes da má destinação do efluente sanitário.

Quando implementado, o TEvap tem o potencial de dar destinação correta a 5.516 toneladas de DBO

despejadas por dia em cursos d'água brasileiros e de reduzir cerca de 290 mil toneladas de gás metano anualmente lançadas na atmosfera terrestre oriundas das técnicas anaeróbias de remanejamento da matéria orgânica do esgoto empregadas por cerca de 95% das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) nacionais.

Ademais, o biodispositivo proporciona também um espaço com função social, pois possibilita a restauração e renovação psicológica, a educação infantil no cultivo de alimentos e a ocupação idosa. Em complemento, colabora na reeducação alimentar ao estimular o acesso a alimentos in natura. Portanto, tem capacidade de melhorar a qualidade de vida urbana e periurbana.

A instalação do TEvap, para comportar o montante de efluente de um edifício de 60 pessoas no bairro Irajá da cidade do Rio de Janeiro, requer 142 m², mostrando sua factibilidade. A efetivação é também econômica e seu custo de manutenção é baixo, se instalado nas devidas proporções, por conta da facilidade na reunião dos seus componentes, em grande parte itens destinados ao descarte, que ganham serventia ao serem empregados no projeto.

Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: 9 Jul. 2024

BORATTO, Débora Carvalho et al. Wetlands construídos empregados no tratamento de esgoto sob o contexto do saneamento de baixo carbono. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 390-405, 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). **Diagnóstico temático: Serviços de água e esgoto. Visão Geral – Ano base 2022**. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf/@@download/file. Acesso em 25 Jul. 2024

CHIERRITO-ARRUDA, Eduardo et al. Environmental perception and affectivity: experiences in a community garden. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, p. e01232, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/rjLkyX7dsrW9Q5mXP7m3HJD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 Jul. 2024.

CICERONE, R. J.; OREMLAND, R. S. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 2, n. 4, p. 299–327, dez. 1988.

DA SILVA, Vicente de P.R. et al. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 547-553, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/PD5mRQLz9XsSJJqtMjvqM8F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 20 Jul. 2024.

DOS SANTOS, Maira; MACHADO, Mariana Campos Martins. Agricultura Urbana e Periurbana: Segurança Alimentar e Nutricional, comportamento alimentar e transformações sociais em uma horta comunitária. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 27, p. e020010-e020010, 2020.

FERREIRA, Patrícia da Silva Figueiredo et al. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista internacional de ciências**, v. 6, n. 2, p. 214-229, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/view/24809/19134>. Acesso em: 19 Jul. 2024.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles. Tratamento de esgoto na zona rural: diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas. **Doutorado—Campinas: Universidade Estadual de Campinas**, 2019.

GALBIATI, Adriana Farina. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009.

GONÇALVES, Kerolin Elza Costa; JUNIOR, Ernandes Sobreira Oliveira. Tanque de Evapotranspiração em área urbana de Tangará da Serra–MT. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 7, 2020.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. 1985.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IPCC, International Panel of Climate Change. United Nations. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Genebra, 2014.

IPCC, International Panel of Climate Change. United Nations. **Wastewater Treatment and Discharge. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5: Waste.** Japão, 2006.

KLÖCKNER, Luiza Motta; DE OLIVEIRA, Tarcisio Dorn. Hortas urbanas e periurbanas: contribuições para o desenvolvimento de um espaço urbano sustentável. **Revista Amor Mundi**, v. 1, n. 1, p. 53-61, 2020.

MOREIRA, Catarina. Fotossíntese. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, 2013.

NAÇÕES UNIDAS. **Nações Unidas no Brasil.** ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050>. Acesso em: 9 jul. 2024.

PAES, Wellington Marchi; CRISPIM, Maria Cristina; FURTADO, Gil Dutra. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 226-247, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/19154>. Acesso em: 9 jul. 2024.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura Municipal do. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. **Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2022.** São Cristóvão, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2016/07/RELATORIO_ANUAL_CHUVA_2022.pdf. Acesso em: 21 Jul 2024.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura Municipal do. **Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro: Dados Meteorológicos.** Sistema Alerta Rio, 2024. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/download/dados-meteorologicos/>. Acesso em 21 Jul. 2024.

SALOMON, Karina Ribeiro; LORA, Electo Eduardo Silva. Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. **Biomass and bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1101-1107, 2009.