

---

## Toxicidade nas Sementes da *Lactuca Sativa* (alface) por Amostras de Efluentes de Esgoto Doméstico Coletadas no Recife-PE com Análise Físico-Química e Microbiológica

### Toxicity in *Lactuca Sativa* Seeds (lettuce) in Domestic Sewage Effluent Samples Collected in Recife-PE with Physical-Chemical and Microbiological Analysis

Niraldo M.M. Melo<sup>1</sup>, Cristiane M. Moraes<sup>2</sup>, Dinaldo C. Oliveira<sup>2</sup>, Jucleiton J.R. Freitas<sup>1</sup>, Fernando F.S. Dias<sup>3</sup>, Carolina G.C. Oliveira<sup>4</sup>, Mohand Benachour<sup>2</sup>, Yana B. Brandão<sup>1\*</sup>

---

#### RESUMO

O objetivo desta proposta de pesquisa é analisar amostras de efluentes de esgoto doméstico coletado mensalmente e durante um ano, em alguns condomínios da Região Metropolitana do Recife-PE, onde foram realizadas as análises físico-química e microbiológica. Testes de toxicidade foram também realizados nas sementes da *Lactuca sativa* (alface) nesses efluentes a partir de um planejamento fatorial experimental completo (2<sup>3</sup>) com dois níveis e três fatores. Assim, foram coletados dois litros de cada referida amostra para realizar as análises de DQO, (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), Temperatura, OG (Óleos e Graxas), pH (potencial Hidrogeniônico), SD60 (Sólidos Sedimentáveis), Coliformes: Totais e Termotolerantes; seguindo a Resolução 430º/2011 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e a metodologia APHA para realizar os estudos. Os resultados da pesquisa comprovam o cumprimento da legislação CONAMA em relação aos valores das análises obtidas, onde a maior parte das amostras apresentaram resultados satisfatórios. Nos ensaios de toxicidade, as amostras na saída do esgoto doméstico coletadas tiveram 16,6% de IG (Índice de Germinação) < 80% e 69,4% de IG > 120%, o que indica a presença de substâncias que estimulam a germinação das sementes de alface.

**Palavras-chave:** Análise Físico-Química; Análise Microbiológica; Toxicidade; *Lactuca Sativa* (alface).

---

#### ABSTRACT

The objective of this research proposal is to analyze samples of effluents from domestic sewage collected monthly and for one year in some condominiums in the Metropolitan Region of Recife-PE, where the physicochemical and microbiological analyses were performed. Toxicity tests were also performed on *lactuca sativa* (lettuce) seeds in these effluents from a complete experimental factorial planning (2<sup>3</sup>) with two levels and three factors. Thus, two liters were collected from each sample to perform the analyses of COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biological Oxygen Demand), Temperature, OG (Oils and Greases), pH (Hydrogenionic potential), SD60 (Sedimentable Solids), Coliforms: Total and Thermotolerant; following Resolution 430º/2011 of CONAMA (National Council on the Environment) and the APHA methodology to carry out the studies. The results of the research prove compliance with the CONAMA legislation in relation to the values of the analyses obtained, where most of the samples presented satisfactory results. In the toxicity tests, the samples at the outlet of the collected domestic sewage had 16.6% of GI (Germination Index) < 80% and 69.4% of GI > 120%, which indicates the presence of substances that stimulate the germination of the lettuce seeds.

**Keywords:** Physical-Chemical Analysis; Microbiological Analysis; Toxicity; *Lactuca Sativa* (lettuce).

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), UACSA, Cabo de Santo Agostinho, PE;

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE; <sup>3</sup>Universidade do Agreste de Pernambuco (UFAPE)/UFRPE, Garanhuns-PE; <sup>4</sup>Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), Recife-PE.

\*E-mail: yanabatista@yahoo.com.br; yana.brandao@ufrpe.br

## INTRODUÇÃO

Na atual situação precária que ocorre no Brasil por falta de um saneamento básico, segundo dados da SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) de 2017, em todo o Brasil, apenas 73,7% do esgoto coletado é tratado. Esse déficit de um planejamento adequado para a realização de um tratamento desse esgoto tem acarretado a disposição do mesmo em fossas rudimentares ou diretamente nos fluxos d'água. Sendo assim, a carência de um saneamento básico tem impacto direto na vida e na saúde das pessoas, assim como, ao meio ambiente, além da segurança alimentar das famílias, sendo considerado um problema público (LEONET et al., 2011; PEREIRA et al., 2021).

As regiões de centros urbanos e zonas rurais necessitam assim de soluções viáveis e eficientes para a coleta e tratamento adequado desse esgoto doméstico, seguido de posteriores análises, físico-químicas e microbiológicas, dentre outras, levando em consideração as particularidades locais de cada território e as suas possíveis necessidades de melhorias (SIEBERT et al., 2020).

Os recursos hídricos em todo o mundo vêm sendo cada vez mais analisados, devido a sua atual escassez, o que gera uma imensa preocupação da sociedade e busca por tecnologias mais avançadas, no que se refere ao tratamento desses efluentes e melhorias na sua qualidade e com um baixo custo benefício. Assim, diversas técnicas têm sido empregadas no tratamento de efluentes líquidos visando à eliminação de compostos tóxicos. O método biológico se destaca pela sua aplicação na maioria dos casos, entretanto, para alguns resíduos concentrados, esses se tornam inadequados. Por isso, por ser um método convencional precisam ser bem avaliados. Adicionalmente, os efluentes líquidos podem conter componentes que são não biodegradáveis ou tóxicos para os micro-organismos, devido à natureza dos poluentes ou a sua presença em altas concentrações, acima de 500 mg/L. E quando esse método não é eficiente, outras técnicas mais avançadas também costumam ser utilizadas, tais como, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) (BRANDÃO et al., 2010; BRANDÃO et al., 2013; BRANDÃO et al., 2017; AFZAL et al., 2019). Os POAs têm sido empregados já por algum tempo como uma tecnologia alternativa para tratar várias matrizes ambientais. A grande vantagem desses processos está em sua natureza destrutiva (MERT et al., 2010; KIM; IHM, 2011; ZHANG et al., 2016; MATAFONOVA; BATOEV, 2018; BRANDÃO et al., 2021).

O Brasil, assim como outros países ainda em desenvolvimento, mostra em dados reportados na literatura um maior déficit, quando se refere ao tratamento de águas residuais, de acordo com o "Diagnóstico dos serviços de água e esgoto". Logo, o Brasil apresenta um índice de 46,3% de todo o esgoto, o qual é tratado antes de ser descartado ao meio ambiente (BRASIL 2019; OLIVEIRA et al., 2021).

A ausência de um tratamento de esgoto doméstico sem manter a qualidade apropriada a partir de um saneamento básico deve contribuir para a manifestação de inúmeras doenças, tais como, febre tifoide, cólera, disenterias, hepatite infecciosa, diversos tipos de verminoses, causando assim, altíssimos casos de mortalidade em lugares carentes e com déficit de rede de esgoto ou conservação do mesmo. As crianças são as mais afetadas por esse problema constantemente, proporcionando uma subnutrição, seguido de morte na maioria das vezes. A elevação da expectativa de vida e a redução da presença das verminoses, embora não sejam letais podem ser perigosas ao ser humano. Isso tende a ser uma causa melhorada com a correta disposição certa dos esgotos (BORTH et al., 2017).

Os métodos convencionais de tratamento de água para a sua potabilização, utilizados pela grande maioria dos sistemas de abastecimento público no Brasil, já dispõem dos processos de filtração e desinfecção. A eficiência da desinfecção é função de diversos fatores, como tempo de contato com a água, dosagem, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetante e tipos de organismos. Sendo assim, se torna de grande importância que os responsáveis pelos sistemas de abastecimento público procedam a desinfecção da água antes da sua distribuição. Essa etapa tem caráter preventivo e corretivo. No entanto, há ainda, muitos municípios brasileiros cujas águas de abastecimento público não são submetidas à etapa de desinfecção antes da sua distribuição (SOARES et al., 2020).

As águas provenientes de mananciais superficiais devem incluir os processos de filtração e desinfecção, cumprindo o que determina a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5 de 28/09/2017 (MS, 2017).

Assim, uma melhoria para o saneamento ambiental é imprescindível com a implantação de um sistema de tratamento, que possibilite uma boa destinação do esgoto sanitário gerado. Os tratamentos físico-químicos e biológicos têm sido uma opção aceitável, devido poder obter um efluente tratado, que poderá ser descartado nos corpos d'água de forma aceitável sem prejudicar o meio ambiente (FERRI, 2014).

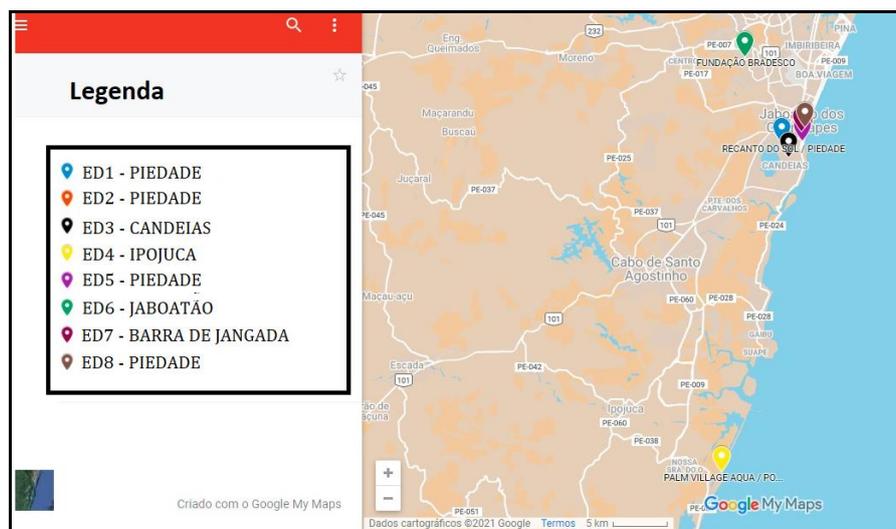
O objetivo desta pesquisa foi analisar amostras de efluentes de esgoto doméstico real, coletados em alguns condomínios da Região Metropolitana do Recife–PE, durante 12 meses, onde foi realizada uma caracterização físico-química e microbiológica dessas amostras. Esses efluentes de esgoto doméstico foram coletados em 10 diferentes condomínios com amostras em triplicatas em cada ponto coletado. As amostras analisadas foram adquiridas na entrada e na saída de cada diferente estação de esgoto, após o tratamento em reatores anaeróbios tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Nas análises físico-químicas foram determinadas as gamas das variáveis presentes nas amostras (entrada e saída) do esgoto doméstico: Temperatura, potencial Hidrogeniônico (pH), Óleos e Graxas (OG), Sólidos Decantáveis (SD-60), DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e nas análises microbiológicas, as variáveis estudadas nas amostras (entrada e saída) foram: Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes. Essas análises foram importantes, a fim de manter os parâmetros físico-químicos e microbiológicos viáveis e aceitáveis pela legislação ambiental brasileira antes de serem descartadas ao meio ambiente. Também foi determinada a toxicidade na semente da *Lactuca sativa* (alface) testadas nesses efluentes, na entrada e na saída do esgoto, a partir de todo um planejamento fatorial experimental completo ( $2^3$ ) com dois níveis e três fatores.

## **MATERIAL E METÓDOS**

### **Área em Estudo**

A área delimitada para o estudo abrange a Região Metropolitana do Recife (RMR), a qual é instituída pela Lei Complementar, nº 10, de 06 de janeiro de 1994. As amostras foram adquiridas nos seguintes municípios que constituem a RMR: Recife (SILVA, 2017) abrangendo os bairros de Candeias, Piedade, Barra de Jangada. Assim como, porto de Galinhas, em Ipojuca (BITOUN; MIRANDA, 2015; REYNALDO et al., 2013). A Figura 1 mostra a localização dos 8 pontos (ED1; ED2; ED3; ED4; ED5; ED6; ED7 e ED8) das amostras coletadas nos condomínios para as referidas análises.

**Figura 01** – Mapa com a localização dos 8 pontos (ED1; ED2; ED3; ED4; ED5; ED6; ED7 e ED8) dos condomínios.



## Desenvolvimento Experimental

Nas referidas análises foram realizadas as coletas das amostras de esgoto doméstico, e assim, permitir o condicionamento sanitário adequado das águas fornecidas para a comunidade contribuinte.

As técnicas empregadas para as análises foram realizadas no Laboratório do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e também no Laboratório de Química do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural de Pernambuco-Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UFRPE - UACSA).

A caracterização das amostras visou atender as expectativas das normas e relações técnicas pertinentes, sejam no âmbito Federal, Estadual ou Municipal, concomitante a intensão socioambiental, no tocante as características do estudo. Os efluentes de esgotos gerados apresentaram uma característica predominantemente doméstica, com a presença de compostos orgânicos por natureza.

As análises das amostras foram realizadas na terceira semana de cada mês, desde Agosto/2020 até Julho/2021, com as especificações adequadas de acordo com o órgão licenciador do empreendimento. Após a coleta das amostras, em diversos pontos diferentes dentro da Região Metropolitana do Recife (RMR), essas foram em seguida analisadas no Laboratório, a fim de estudar a eficiência do tratamento de esgoto doméstico em reatores anaeróbios tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

utilizado nas ETA's (Estação de Tratamento de Águas) brasileiras (BOHN et al., 2008; GASSIE; ENGLEHARDT, 2017; LI et al., 2018; MICHAEL-KORDATOU et al., 2018; DING et al. 2019; SCHIJVEN et al., 2019; ALCARAZ-IBARRA et al., 2020).

Os resultados dessas análises, conforme plano de monitoramento proposto faz parte dos parâmetros de controle operacional. Os pontos de coleta, que foram utilizados nesse trabalho seguiram a posterior caracterização físico-química e microbiológica dessas amostras, de acordo com a literatura (APHA, 2005). Além de serem efetivadas as condições da Resolução 430º/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). As amostras foram coletadas na captação do efluente bruto, na entrada e na saída do reator UASB (entrada do filtro aeróbio) e no efluente tratado (após a desinfecção).

## **Métodos Analíticos**

### **Análises Físico-Químicas**

Os experimentos foram realizados em triplicata para cada amostra coleta, sendo as seguintes análises físico-químicas realizadas com as amostras de esgoto doméstico real: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ); Demanda Química de Oxigênio (DQO) ( $\text{mg.O}_2/\text{L}$ ); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ( $\text{mg.O}_2/\text{L}$ ); Óleos e Graxas–OG ( $\text{mg.O}_2/\text{L}$ ); potencial Hidrogeniônico (pH); Sólidos Decantáveis 60 min–SD60 ( $\text{mL/L}$ ). Assim como, o teste de toxicidade.

A temperatura da amostra foi medida com um termômetro digital na estação de tratamento do reator UASB, na captação do efluente bruto (entrada) e no efluente tratado (saída), após a desinfecção.

Nas amostras para a análise de DQO, de acordo com APHA (1995) em que o esgoto doméstico apresenta muitos sólidos sedimentáveis foi necessário misturar bastante a amostra antes de fazer as medidas de volume para a referida análise. Nos tubos (hach) para a realização dos ensaios foram adicionados os reagentes a seguir: 2,5 mL da amostra; 1,5 mL da solução de digestão de DQO ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) de concentração indicada para a faixa de DQO analisada; 3,5 mL da solução catalisada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; em seguida, foram aquecidos no digestor por 2 horas e realizado a leitura no espectrofotômetro (Figura 2A). O comprimento de onda ( $\lambda$ ) UV-visível para a faixa analítica de DQO foi obtido de acordo com cada amostra: 0-40  $\text{mg/L}$  ( $\lambda=350$  nm); 0-150  $\text{mg/L}$  ( $\lambda=420$  nm);

0-1500 mg/L ( $\lambda=620$  nm). As amostras que apresentaram as faixas entre 0-40 e 0-1500 mg/L foram realizadas as leituras em (%) de transmitância, e na faixa de 0-1500 mg/L, essas leituras foram obtidas em Absorbância. Assim, a curva analítica da DQO foi alcançada através do espectrofotômetro com a leitura, em absorbância, a partir de um comprimento de onda de 620 nm para todas as amostras. Uma prova em branco foi também utilizada substituindo a amostra por água destilada. Na Figura 2B mostra o digestor utilizado na DQO. A seguir está representada na Eq. (1) a determinação da DQO.

$$DQO \left( \frac{mg}{L} \right) = a \cdot x + b \quad (1)$$

Onde: a= Constante da curva analítica de DQO (coeficiente angular da reta de ajuste); b= Constante da curva analítica de DQO (coeficiente linear da reta de ajuste); x= Absorbância lida no espectrofotômetro com comprimento de onda em 620 nm.

No preparo da solução padrão para determinar a DQO de uma amostra desconhecida, uma curva de calibração foi obtida. As concentrações das amostras foram preparadas de acordo com a solução padrão para a faixa analítica estabelecida, seguido das diluições e posterior leitura para a obtenção dos valores de DQO. A solução padrão “estoque” foi o hidrogenoftalato de potássio (KHP).

De acordo com a concentração da DQO nas referidas amostras, as massas de KHP foram secas em estufa a 103°C por 2 horas, e em seguida, aferidas em balão volumétrico de 100 mL nas seguintes concentrações: 0 à 40 mg/L (0,0043 g), 0 à 150 mg/L (0,0128 g) e 0 à 1500 mg/L (0,1280 g). Após essa etapa, a solução de cada amostra foi transferida para um frasco de vidro com tampa e mantido sobre refrigeração por até 3 meses.

As amostras para determinação de DBO de acordo com APHA (1995) foram coletadas em frascos de vidro tipo pyrex e preservadas por até 24h e refrigeradas a 4°C. O volume necessário foi 1000 mL aproximadamente. As amostras foram diluídas de acordo com a concentração ideal obtida. Os frascos de DBO foram identificados com as amostras incubadas a 20°C sem interferência da luz, durante 5 dias. Nesses frascos, também foram identificados à concentração de OD (Oxigênio Dissolvido) utilizando o método de Winkler modificação azida (APHA, 1995). A Figura 2C mostra a titulação

para a análise de DBO. A seguir estão representadas nas Eq. (2) e (3), a determinação da DBO em 20°C durante 5 dias:

$$\text{DBO com diluição (mg.O}_2\text{/L)} = \frac{T_1 - T_5}{C\%} \times f_s \times 100\% \quad (2)$$

ou

$$\text{DBO com diluição (mg.O}_2\text{/L)} = \frac{OD_1 - OD_5}{C\%} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:  $T_1$ = volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação no primeiro dia;  $T_5$ = volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação no quinto dia;  $C\%$ = Concentração ideal;  $F$ = fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 0,025N;  $OD_1$ = Oxigênio dissolvido no primeiro dia;  $OD_5$ = Oxigênio dissolvido no quinto dia.

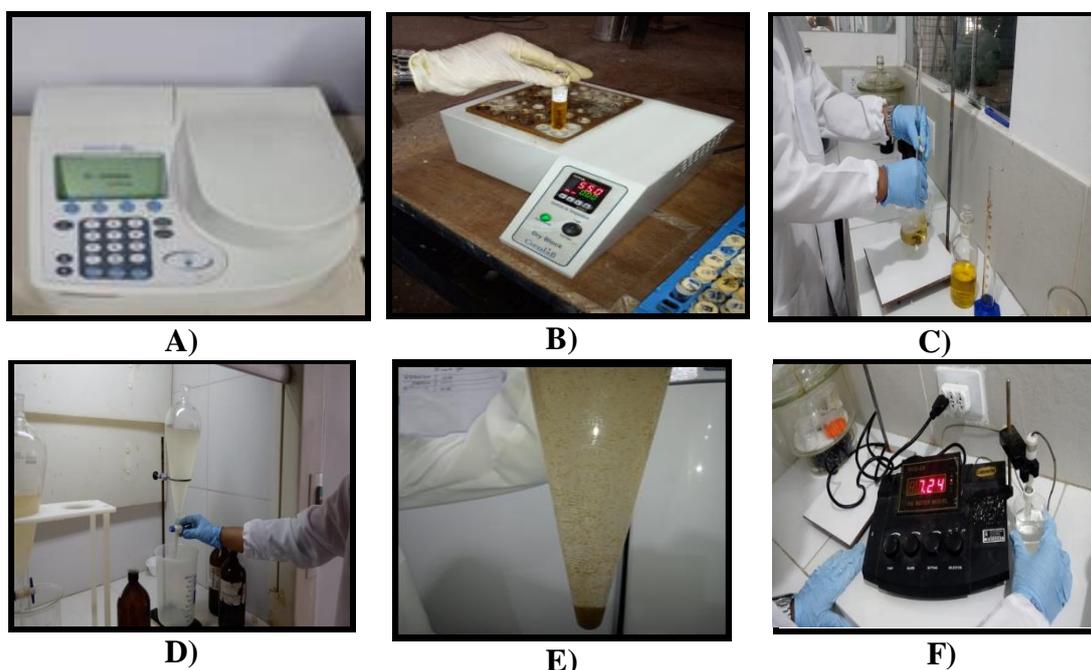
Os Óleos e Graxas (OG), de acordo com o procedimento analítico empregado, consiste em uma variedade de substâncias, que um determinado solvente consegue extrair da amostra e não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100°C. Na determinação de OG, inicialmente foi separado 1L da amostra e homogeneizada. Em seguida, a amostra foi transferida para um funil de decantação, onde foram adicionados 40 mL de hexano. Essa foi então homogeneizada e obtida posterior separação das fases. Em seguida foi filtrado/destilado o hexano do balão e colocado em estufa por uma hora reciclando o hexano. A Figura 2D representa a técnica empregada nessa fase para determinação de OG.

Na série de sólidos foram determinados os Sólidos Decantáveis (SD)60 (BATALHA, 1977; BASSETT, 1981; APHA, 1995; MS, 2000).

O SD60 é um dado importante na verificação da necessidade e no dimensionamento de unidades de sedimentação no tratamento de águas residuárias. Essa análise também serve para a determinação da eficiência da sedimentação. O volume necessário para a realização da análise foi de 1000 mL. Logo em seguida, a amostra foi homogeneizada e transferida para o cone Imhoff. A amostra foi decantada por 45 min e com um bastão de vidro foi raspada suavemente as paredes do cone decantando por mais 15 min. Após totalizar 60 min de decantação foi realizada nessa amostra a leitura do volume de material sedimentado. O resultado de resíduo sedimentável foi expresso em mL/L de resíduo. A Figura 2E representa a amostra no cone Imhoff (APHA, 1975).

O potencial Hidrogeniônico (pH) em um abastecimento de água pode afetar o seu sistema de tratamento, e assim contribuir para a corrosão nas estruturas das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. Nas águas de abastecimento, o controle do pH é importante devido a influência na coagulação química, na desinfecção, no controle da corrosão e no amolecimento das águas (MS, 2000). O pH das amostras foi medido a partir do equipamento pH-metro de bancada, marca Phtek Phs-3b Labtec de precisão Digital. A Figura 2F mostra o pH-metro utilizado na referida medida das amostras.

**Figura 02** – A) Espectrofotômetro; B) Tubo de DQO no digestor; C) Titulação para a DBO; D) Funil de decantação para OG; E) Cone Imhoff para SD60; F) pH-metro.



Fonte: O Autor, 2021.

### Teste de Toxicidade

O ensaio de toxicidade aguda foi realizado com base na normativa 850 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1996). A espécie da semente utilizada foi a *Lactuca sativa*, que está entre as sementes recomendadas pela metodologia. O controle positivo foi realizado com uma solução de Sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ), enquanto o controle negativo foi obtido com água destilada.

As Tabelas 1 e 2 apresentam o planejamento experimental  $2^3$ , com as variáveis de entrada (Concentração da Amostra (CA)-%, pH, Comprimento médio da Raiz (CR)-mm) e as variáveis de saída (Índices de Crescimento Radicular (ICR) e Índices de Germinação (IG)-%) das amostras, respectivamente.

**Tabela 1** – Ensaio de fitotoxicidade (Entrada) – Agosto 2020/Julho 2021.

<b>Amostra</b>	<b>Concentração da amostra (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Comprimento médio da raiz (mm)</b>	<b>ICR</b>	<b>IG (%)</b>
Branco	0	-	12,0	1	100
ED3	33	3,25	21,1	1,75	175
ED4	33	3,25	9,2	0,76	76
ED6	33	3,25	-	-	-
ED7	33	3,25	12,9	1,075	107,5
ED3	66	3,25	22,1	1,84	184
ED4	66	3,25	13,7	1,14	114
ED6	66	3,25	-	-	-
ED7	66	3,25	19,9	1,65	165
ED3	99	3,25	21,4	1,78	178
ED4	99	3,25	16,9	1,40	140
ED6	99	3,25	13,0	1,08	108
ED7	99	3,25	11,1	0,925	92,5
ED3	33	6,50	22,3	1,85	185
ED4	33	6,50	1,0	0,08	3,2
ED6	33	6,50	-	-	-
ED7	33	6,50	10,6	0,88	88
ED3	66	6,50	19,6	1,63	163
ED4	66	6,50	19,1	1,59	159
ED6	66	6,50	-	-	-
ED7	66	6,50	16,1	1,34	134
ED3	99	6,50	26,3	2,19	219
ED4	99	6,50	29,0	2,41	216,9
ED6	99	6,50	22,0	1,83	183
ED7	99	6,50	17,4	1,45	145
ED3	33	9,75	20,6	1,71	171
ED4	33	9,75	16,2	1,35	135
ED6	33	9,75	-	-	-
ED7	33	9,75	0,0	0,0	0,0
ED3	66	9,75	9,1	0,75	75
ED4	66	9,75	4,0	0,33	33
ED6	66	9,75	-	-	-
ED7	66	9,75	20,8	1,73	173
ED3	99	9,75	3,1	0,25	25
ED4	99	9,75	2,0	0,16	16
ED6	99	9,75	36,0	3	300
ED7	99	9,75	14,2	1,18	118

ED: Esgoto Doméstico

**Tabela 2** – Ensaio de fitotoxicidade (Saída) – Agosto 2020/Julho 2021.

<b>Amostra</b>	<b>Concentração da amostra (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Comprimento médio da raiz (mm)</b>	<b>ICR</b>	<b>IG (%)</b>
Branco	0	-	12,0	1	100
ED3	33	3,25	19,2	1,6	160
ED4	33	3,25	31,2	2,6	260
ED6	33	3,25	8,0	0,66	66
ED7	33	3,25	9,0	0,75	75
ED3	66	3,25	18,1	1,5	150
ED4	66	3,25	34,0	2,83	283
ED6	66	3,25	19,0	1,58	158
ED7	66	3,25	16,5	1,37	137
ED3	99	3,25	18,1	1,5	150
ED4	99	3,25	23,0	1,91	191
ED6	99	3,25	11,0	0,91	91
ED7	99	3,25	11,3	0,94	94
ED3	33	6,50	9,2	0,76	76
ED4	33	6,50	19,7	1,64	164
ED6	33	6,50	13,0	1,08	108
ED7	33	6,50	3,0	0,25	25
ED3	66	6,50	24,6	2,05	205
ED4	66	6,50	27,2	2,26	203,4
ED6	66	6,50	21,0	1,75	175
ED7	66	6,50	11,0	0,91	91
ED3	99	6,50	28,2	2,35	235
ED4	99	6,50	26,1	2,175	217,5
ED6	99	6,50	29,0	2,41	241
ED7	99	6,50	22,0	1,83	183
ED3	33	9,75	20,2	1,68	168
ED4	33	9,75	24,0	2,0	200
ED6	33	9,75	18,0	1,5	150
ED7	33	9,75	24,0	2,0	200
ED3	66	9,75	10,5	0,875	87,5
ED4	66	9,75	32,0	2,66	266
ED6	66	9,75	8,0	0,66	66
ED7	66	9,75	17,6	1,46	146
ED3	99	9,75	28,9	2,40	240
ED4	99	9,75	24,8	2,06	206
ED6	99	9,75	6,0	0,5	50
ED7	99	9,75	31,2	2,6	260

ED: Esgoto Doméstico

Nesta etapa, as amostras foram diluídas com água destilada em 3 porcentagens diferentes: 33,33%, 66,66% e 99,99%. Além da concentração da amostra foram analisadas 3 concentrações de pH diferentes: 3,25; 6,50 e 9,75. Os valores de pH foram obtidos a partir da utilização de soluções de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ácido) e NaOH (básico). A partir de

cada placa de petri foram dispostas 10 sementes de alface, e adicionados 2,5 mL da solução solubilizada e com certa concentração de pH. Após isso, as placas foram seladas com filme de PVC e dispostas em incubadora a 20°C por 6 dias.

As amostras permaneceram na incubadora com a devida alternância de luminosidade, para o eventual crescimento natural da semente. Após 6 dias, as sementes da *Lactuca sativa* foram analisadas em relação à sua germinação, considerando 5 mm como o tamanho padrão da radícula.

A partir dos dados obtidos nas análises foram calculados, o Índice de Crescimento (IC) radicular e o Índice de Germinação (IG), utilizando as seguintes Eq. (4) e (5).

### **Índice de Crescimento Radicular**

$$ICR = \frac{CRA}{CRC} \quad (4)$$

Onde: *ICR*= Índice de crescimento radicular; *CRA*= Comprimento da radícula na amostra; *CRC*= Comprimento da radícula no controle (negativo).

### **Índice de Germinação**

$$IG = ICR \times \left( \frac{SGA}{SGC} \right) \times 100 \quad (5)$$

Onde: *IG*= Índice de germinação; *ICR*= Índice de crescimento radicular; *SGA*= Número de sementes germinadas na amostra; *SGC*= Número de sementes germinadas no controle (negativo).

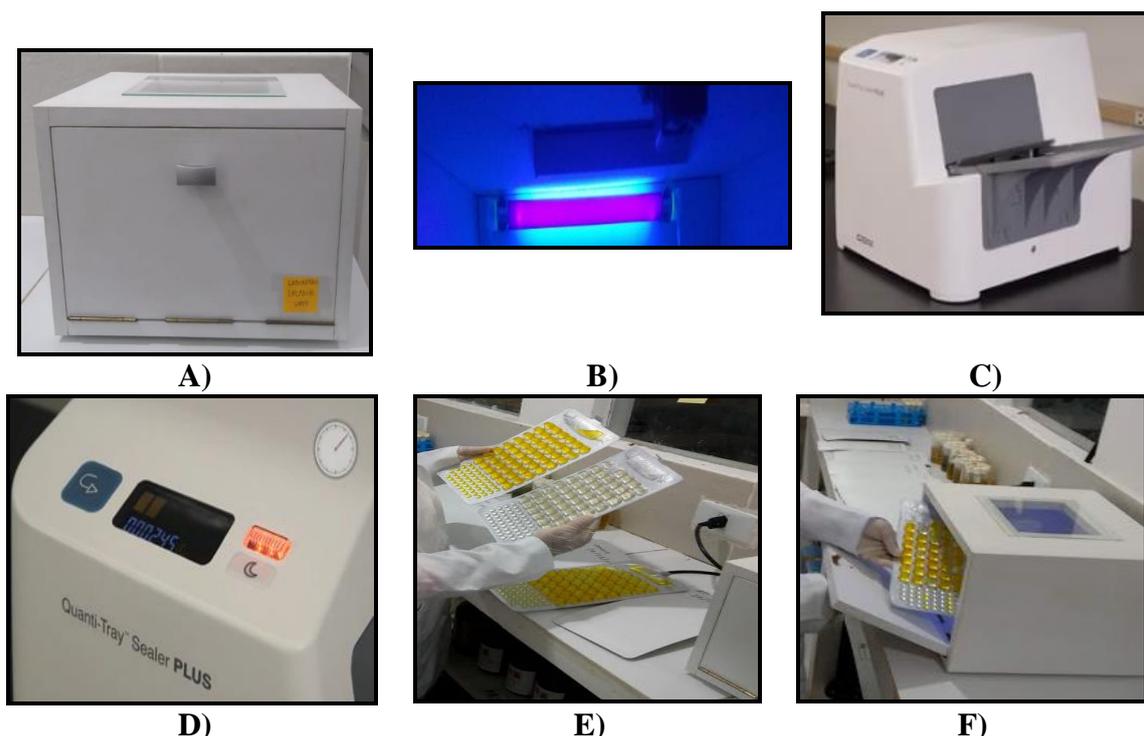
### **Análises Microbiológicas**

Nas análises microbiológicas foram utilizados o método Colilert-18, que analisa o número de coliformes e *Escherichia Coli* ou coliformes termotolerantes, os quais podem estar presentes em uma amostra de esgoto doméstico. Essas amostras foram analisadas no DEQ/UFPE e na UACSA/UFRPE. As seguintes análises foram realizadas para as referidas amostras:

- Coliformes Totais (NMP/100 mL);
- Coliformes Termotolerantes (*E. Coli*) (NMP/100 mL);

A Figura 3 mostra a caixa de medição, a qual apresenta em seu interior uma lâmpada UV-A de comprimento de onda igual 365 nm e uma potência de 6 W para irradiar a amostra a ser analisada, a seladora com uma capacidade de selar as amostras, seguido da análise microbiológica a partir das cartelas denominadas quanti-tray/2.000 contendo o Colilert.

**Figura 03** – Medida das análises microbiológicas e os equipamentos utilizados: **A)** caixa de leitura e irradiação; **B)** lâmpada UV-A; **C)** e **D)** seladora **E)** cartela contendo Colilert; **F)** irradiação da amostra (SIERBERT et al., 2020).



Fonte: O Autor, 2021.

O método Colilert-18 com sistema quanti-tray/2.000, quantifica o número de coliformes e *Escherichia Coli* ou coliformes termotolerantes em cada amostra de esgoto doméstico real utilizada nessa pesquisa. Assim, foram utilizados frascos estéreis graduados com capacidade para 100 mL, flaconetes com meio de cultura, cartelas estéreis com 97 cavidades fornecendo a contagem de 1 até 2.419 por cada amostra de 100 mL sem diluições. O processo foi desenvolvido dentro da capela de fluxo laminar, sendo cada amostra diluída sucessivamente. Em seguida, foi adicionado no último frasco um flaconete contendo a quantidade exata de meio de cultura contida no flaconete. Após a dissolução do meio de cultura, foi transferida a amostra para uma cartela plástica estéril e, posteriormente, para a seladora, que apresenta suporte de

borracha no qual as cartelas se encaixam. Após seladas as cartelas foram incubadas em estufa bacteriológica (SIERBERT et al., 2020).

Nesta análise, a mistura da amostra contendo o Colilert foi adicionada no interior da cartela Quanti-Tray sendo essa cartela selada e incubada por 24 horas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . A seladora quanti-tray é da marca IDEXX. De acordo com a Fig. 3E, na leitura da cartela foi observada, que na cor incolor não há presença de coliformes totais e *Escherichia Coli*. Entretanto, na cartela que apresentou a cor amarela representa a presença de coliformes totais e a cor amarela/fluorescente representa *Escherichia Coli* (SIERBERT et al., 2020).

No sistema utilizado, o Quanti-Tray, os tubos múltiplos são substituídos por 97 cavidades contidos na cartela plástica estéril. Os resultados de coliformes totais e *Escherichia Coli* foram obtidos simultaneamente. Esse método em comparação a técnica padrão de fermentação em tubos múltiplos, amplia o número de combinações positivas possíveis fornecendo resultados mais precisos, os quais são expressos através do NMP/100 mL da amostra obtida de acordo com a combinação de cavidades positivas (SIERBERT et al., 2020).

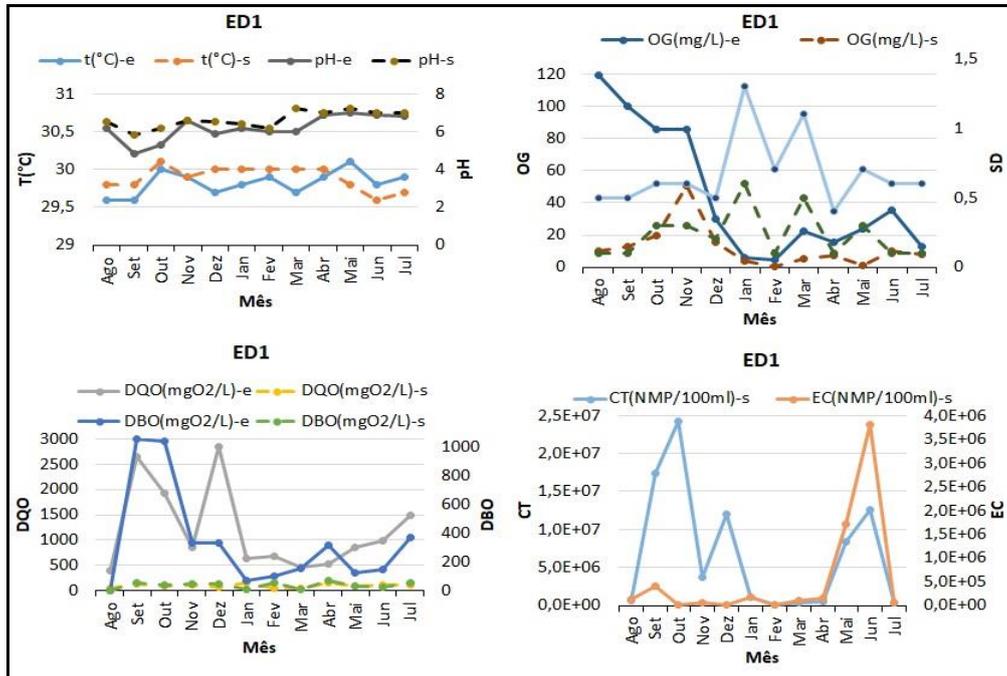
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Análises Físico-Químicas**

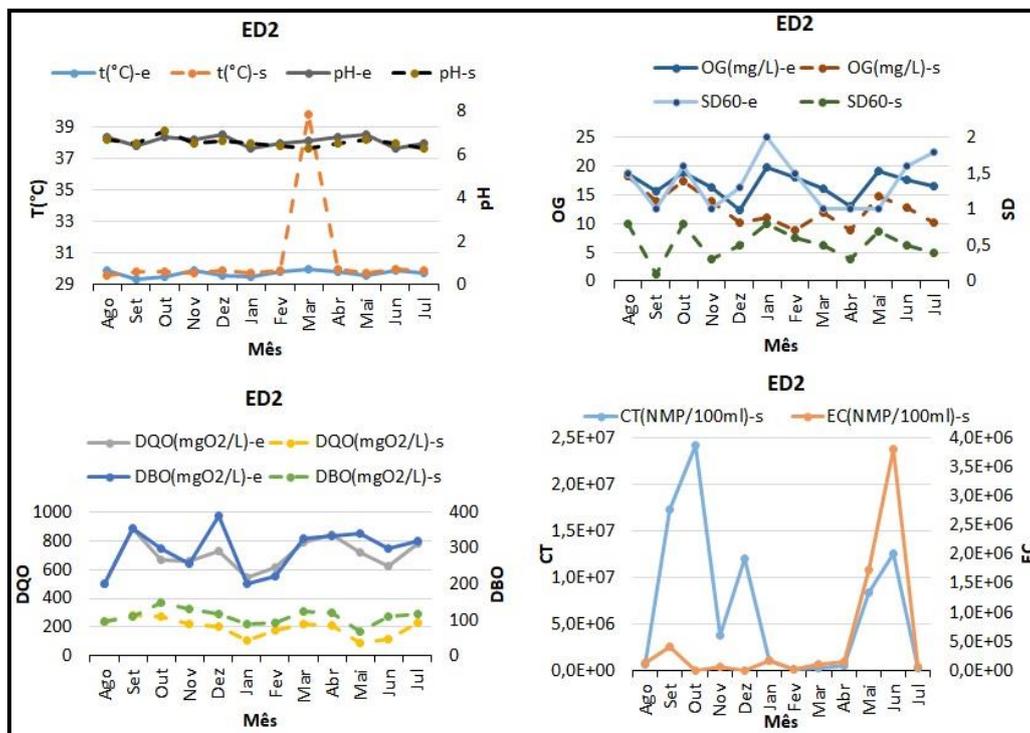
As análises a seguir mostram os resultados dos ensaios físico-químicos, que foram obtidos e os valores encontrados. Esses parâmetros determinados servem para avaliar em cada referido local, a qualidade do esgoto doméstico liberado ao meio ambiente, após um tratamento desses efluentes. Os resultados obtidos nessas análises físico-químicas estão representados a seguir, e foram analisados conforme as condições estabelecidas pela Resolução 430º/2011 do CONAMA.

As Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G e 4H mostram todos os resultados das análises físico-química para as amostras ED1, ED2, ED3, ED4, ED5, ED6, ED7 e ED8, respectivamente.

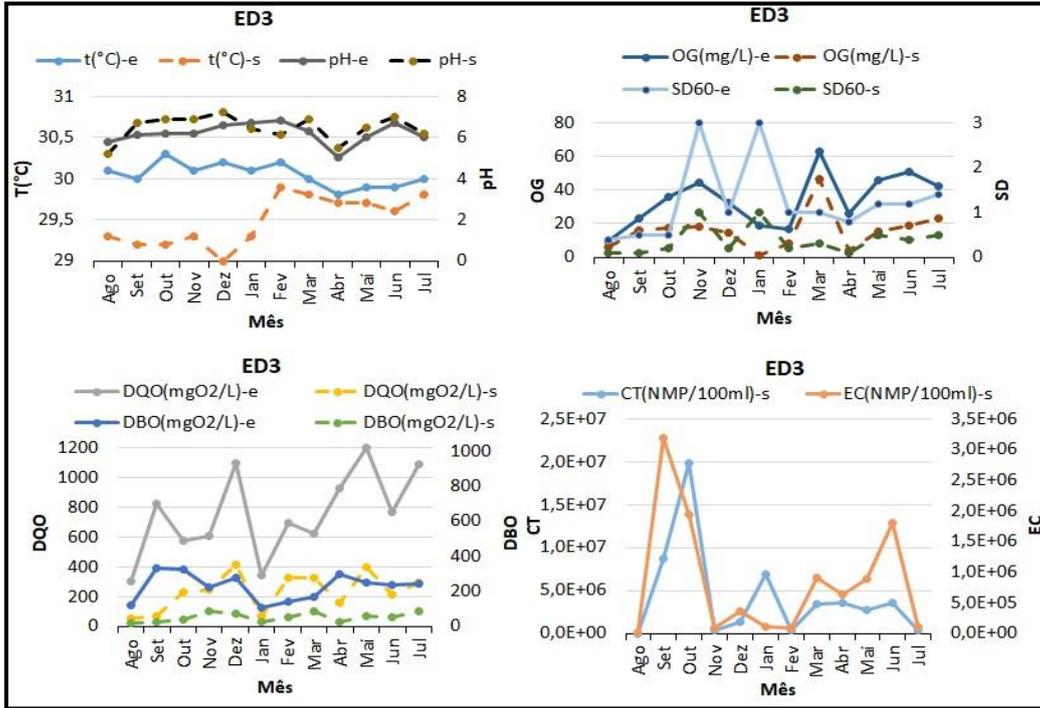
**Figura 04A – Resultados das Análises Físico-Químicas ED1:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



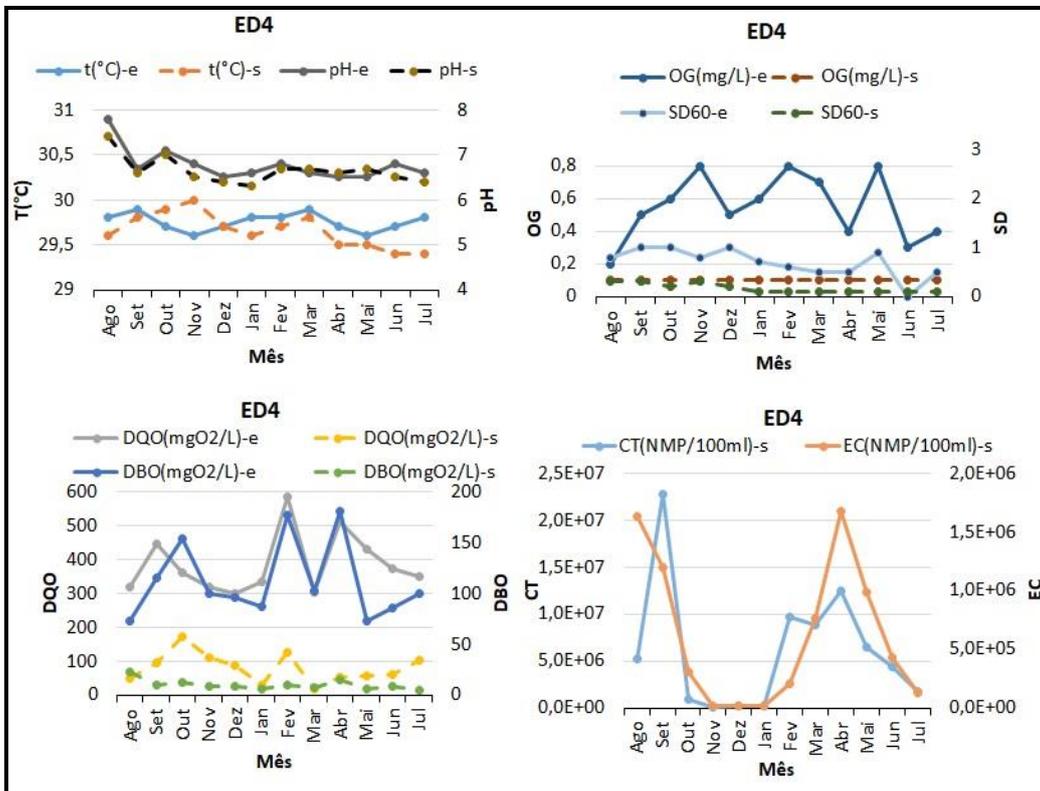
**Figura 04B – Resultados das Análises Físico-Químicas ED2:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



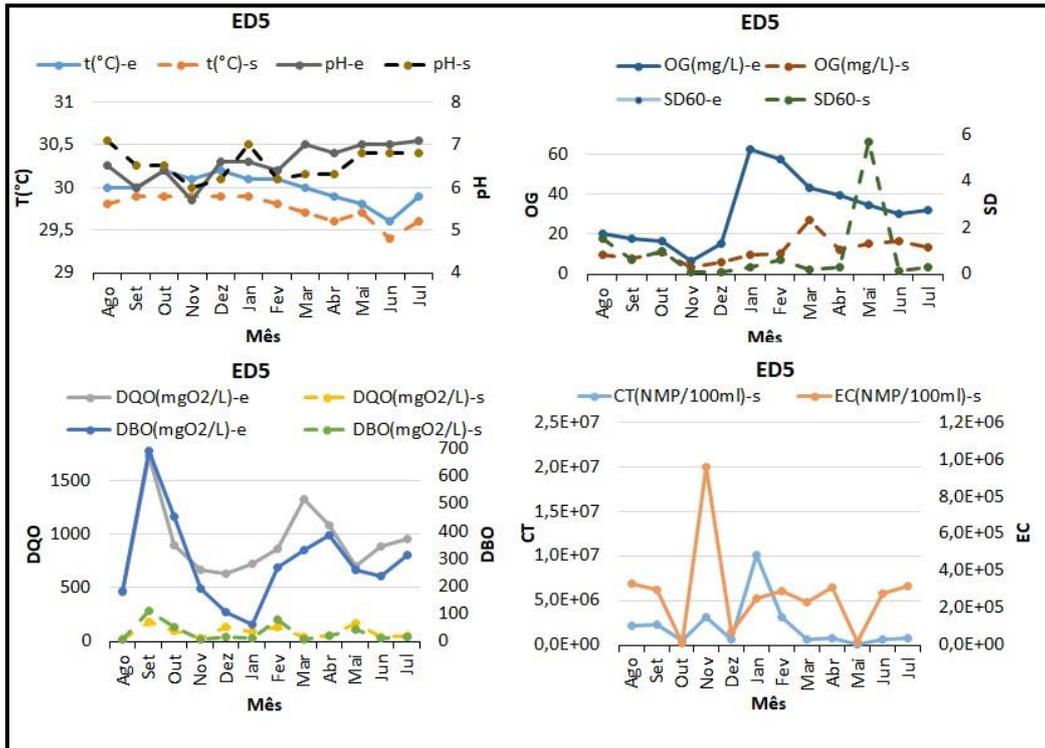
**Figura 04C – Resultados das Análises Físico-Químicas ED3:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



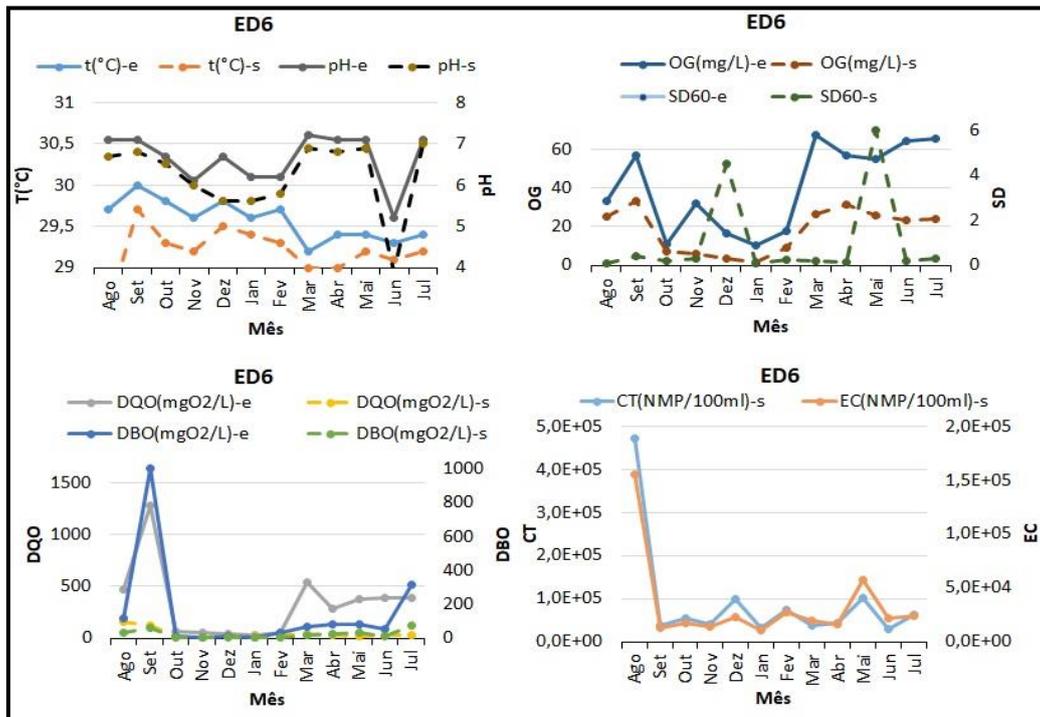
**Figura 4D – Resultados das Análises Físico-Químicas ED4:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



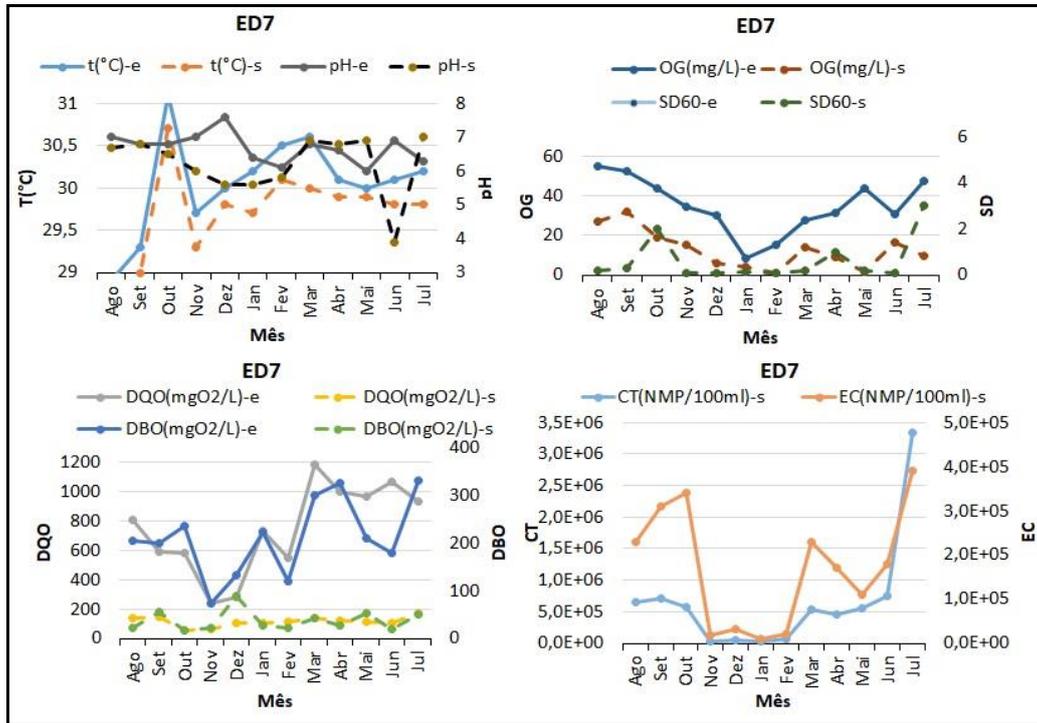
**Figura 04E – Resultados das Análises Físico-Químicas ED5:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



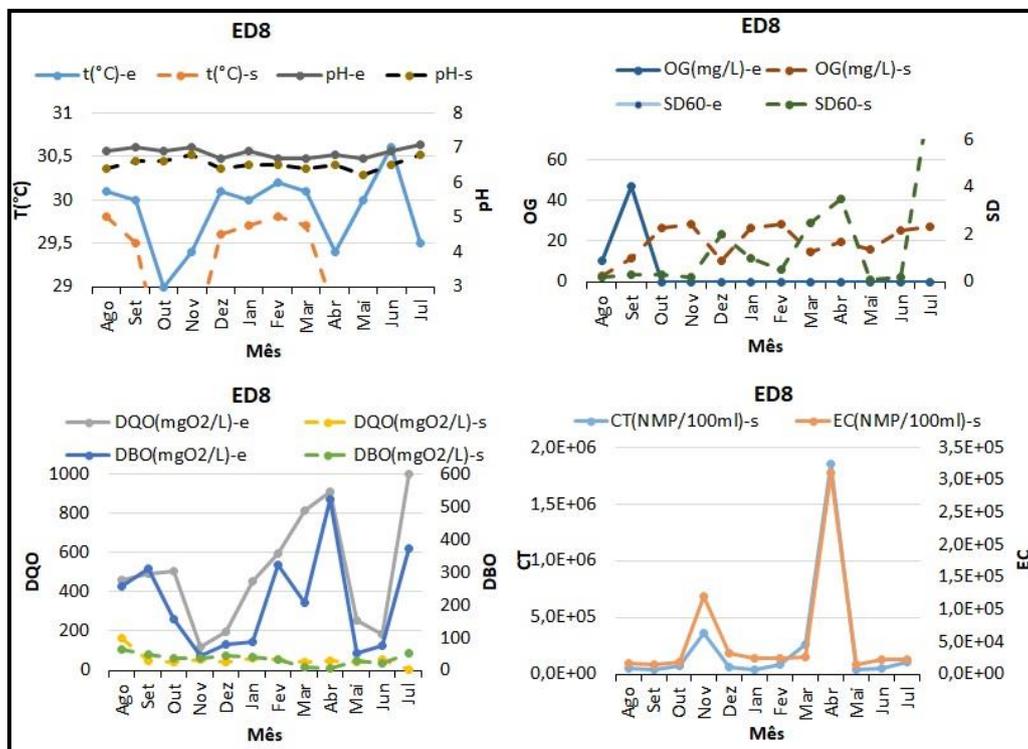
**Figura 04F – Resultados das Análises Físico-Químicas ED6:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



**Figura 04G – Resultados das Análises Físico-químicas ED7:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



**Figura 04H – Resultados das Análises Físico-químicas ED8:**  
 T; pH; OG; SD60; DQO; DBO; CT e EC.  
 -e (entrada);-s (saída)



A Figura 5 representa a média aritmética e o desvio padrão de cada amostra e os seus resultados físico-químicos, ressaltando os valores mais baixos e mais altos do desvio padrão de cada análise. Nessa foi observado que de acordo com o esgoto doméstico e o mês de coleta, algumas amostras apresentaram variações em seus resultados. Embora os valores apresentados ainda estejam em conformidade com os estabelecidos pela legislação do CONAMA (2011).

**Figura 05 – Resultados das Análises Físico-químicas:**

T(-e-s); pH(-e-s); OG(-e-s); SD60(-e-s); DQO(-e-s); DBO(-e-s); CT(-e-s) e EC(-e-s).  
-e (entrada);-s (saída)

	ED1		ED2		ED3		ED4		ED5		ED6		ED7		ED8	
	Média	DP														
t(°C)-e	29,8	0,2	0,2	29,7	0,3	30,1	0,1	29,8	0,2	30,0	0,2	29,6	0,6	30,1	0,4	29,9
t(°C)-s	29,9	0,2	2,9	30,7	287,8	29,5	0,2	29,7	0,2	29,8	0,3	29,2	0,8	29,6	0,6	29,1
DQO(mgO <sub>2</sub> /L)-e	1196,7	846,3	115,7	697,8	127,4	754,4	90,0	385,3	343,6	910,3	352,0	331,4	302,5	744,2	290,8	498,0
DQO(mgO <sub>2</sub> /L)-s	100,1	41,1	62,2	198,2	77,2	232,4	43,9	79,5	54,7	87,1	47,3	46,5	32,9	114,0	37,2	55,1
DBO(mgO <sub>2</sub> /L)-e	368,5	353,2	62,2	295,0	26,4	226,3	38,0	111,9	168,5	290,1	281,6	148,4	79,7	210,9	152,1	206,9
DBO(mgO <sub>2</sub> /L)-s	39,0	21,9	21,5	110,3	15,8	52,4	5,0	9,7	33,3	32,5	23,3	22,3	21,4	37,2	16,9	35,2
OG(mg/L)-e	45,1	40,7	2,4	16,9	11,8	34,1	0,2	0,6	17,2	31,4	22,7	40,5	14,2	35,1	26,0	28,5
OG(mg/L)-s	12,1	13,4	3,1	12,7	0,5	15,8	0,0	0,1	6,0	11,9	11,7	18,1	9,7	12,9	8,5	19,7
pH-e	6,2	0,7	0,2	6,6	0,6	6,2	0,4	6,8	0,4	6,6	0,6	6,7	0,4	6,7	0,1	6,9
pH-s	6,6	0,4	0,2	6,6	0,9	6,5	0,3	6,7	0,4	6,5	0,9	6,2	0,4	6,3	0,2	6,5
SD60-e	0,7	0,3	0,4	1,4	0,3	1,3	0,2	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
SD60-s	0,2	0,2	0,2	0,5	-	0,4	0,1	0,2	1,6	0,9	2,0	1,1	0,9	0,6	2,3	1,6
CT(NMP/100ml)-e	-	-	-	-	5,7E+06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CT(NMP/100ml)-s	6,8E+06	8,1E+06	-	-	-	4,6E+06	6,7E+06	6,1E+06	2,8E+06	2,0E+06	1,2E+05	9,0E+04	8,9E+05	6,5E+05	5,1E+05	2,5E+05
EC(NMP/100ml)-e	-	-	-	-	9,9E+05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EC(NMP/100ml)-s	-	-	2,1E+06	2,5E+06	-	8,5E+05	6,2E+05	6,1E+05	2,4E+05	2,8E+05	4,0E+04	3,3E+04	1,3E+05	1,7E+05	8,6E+04	5,4E+04

A temperatura do efluente de esgoto deve ser inferior a 40°C, e a variação de temperatura do corpo receptor não deve exceder a 3°C no limite da zona de mistura. Nessas análises foi possível observar (Figuras 4A à 4H), que todos os resultados estão dentro dos parâmetros estabelecidos, conforme as condições do CONAMA (2011), e todas as amostras analisadas estão próximas a 30°C. De acordo com Metcalf e Eddy (2016), os wetlands construídos de escoamento vertical (WCV) vêm sendo utilizados no tratamento de esgoto bruto e as temperaturas médias para esses efluentes domésticos após o seu tratamento apresentam valores entre 15 e 27°C.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio absorvida por microrganismos oriundos de uma amostra de efluente. Segundo o CONAMA (2011), a DBO das amostras não podem exceder a quantidade de 120 mg/L. Esse limite só pode ser ultrapassado em casos do efluente no sistema de tratamento apresentar eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou através do estudo de autodepuração do corpo hídrico, que comprove satisfazer às metas do enquadramento do corpo

receptor e todas as amostras analisadas devem estar dentro dos parâmetros estabelecido pela legislação.

Os resultados apresentados nas Figuras 4A à 4H mostram a melhoria nos valores da DBO após o tratamento do efluente. Esses resultados também demonstram a condição dos efluentes antes do tratamento, com valores de DBO que excedem 120 mg/L. Após o tratamento, houve uma grande melhoria nos valores das amostras de acordo com a quantidade permitida, condições do CONAMA (2011), e que mostram bons resultados.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) avalia a quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD) absorvido em meio ácido levando a matéria orgânica para o estado de degradação. Em função da carga orgânica bruta considerando o padrão de lançamento restritivo, as amostras devem conter cerca de 100–200 mg/L. Os resultados das DQOs (Figuras 4A à 4H) mostram as amostras, que estão dentro da margem estabelecida pela Resolução 430º do CONAMA de 2011, em que não exibem restrições para a Demanda Química de Oxigênio. Wagner et al. (2019) analisaram uma estação de tratamento de esgoto (ETE) através de upflow anaerobic sludge blanket (UASB) e foi observado nessa pesquisa, uma eficiência na remoção de DQO variando entre 80 e 86%, sendo assim considerado, o lançamento na rede de esgotos desses efluentes, uma opção eficaz e aceitável. Decezaró et al. (2021) relataram em seus estudos os wetlands construídos (WC) sendo uma ecotecnologia bastante utilizada ao tratamento de esgotos domésticos, a fim de serem aplicados em locais que apresentam uma comunidade carente e vulnerável. Os resultados dessa pesquisa mostram uma elevada eficiência de DQO em torno de 80%, mesmo considerando um esgoto doméstico, que apresentou elevada carga orgânica. Logo, no WC foi obtido aproximadamente entre 44 e 49% de DBO<sub>5</sub> e DQO, respectivamente. Dados reportados na literatura mostram os mais baixos valores de redução da matéria orgânica, quando o WC é preenchido com brita em relação aos que utilizam a areia em sua substituição por brita (NIVALA et al., 2013; BOHÓRQUEZ et al., 2017).

Os óleos e graxas são compostos orgânicos encontrados em animais, minerais e vegetais. No lançamento desses compostos em esgoto doméstico é necessário seguir a legislação ambiental, que estabelece até 100 mg/L, segundo o CONAMA (2011). Após o tratamento desses esgotos domésticos no reator UASB foi observado uma diminuição na concentração dessas substâncias solúveis no reagente hexano (ver Figuras 4A à 4H). Assim, todas as análises seguiram as normas estabelecidas pelo CONAMA (2011).

O potencial Hidrogeniônico (pH) de uma solução é determinado através da concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) sendo utilizado para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. No tratamento de efluentes, o pH deve estar entre 5 e 9. O pH das amostras antes e após o tratamento, apresentaram valores dentro do regulamento permitido, em torno de 5,5 à 7,2 (ver Figuras 4A à 4H).

Os materiais sedimentáveis são analisados após 1L da amostra permanecer por uma hora no Cone de Imhoff. A análise deve apresentar até 1mL/L de materiais sedimentáveis, segundo as condições e padrões de qualidade. A maioria das análises (Figuras 4A à 4H) mostram que, apenas as saídas das amostras foram analisadas, e praticamente quase todas apresentam valores menores que 1mL/L de sedimentos, logo comprovam que estão nos requisitos necessários estabelecidos pelo CONAMA (2011).

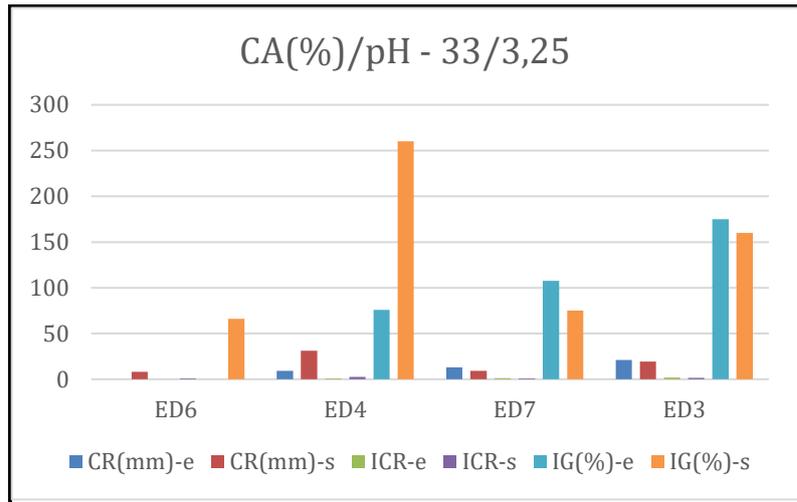
### **Teste de Toxicidade**

A norma determina como germinação a radícula que possui tamanho médio igual ou superior a 5 mm. A seguir, as Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam os índices de crescimento radicular e de germinação das amostras de entrada e saída, respectivamente. Essas amostras representam a média aritmética dos resultados encontrados de Agosto/2020 a julho/2021. As análises a seguir mostram os resultados dos ensaios de toxicidade, que foram obtidos a partir do planejamento fatorial  $2^3$  para as variáveis de entrada: concentração da amostra, pH e comprimento médio da raiz, e para as variáveis de saída: ICR e IG.

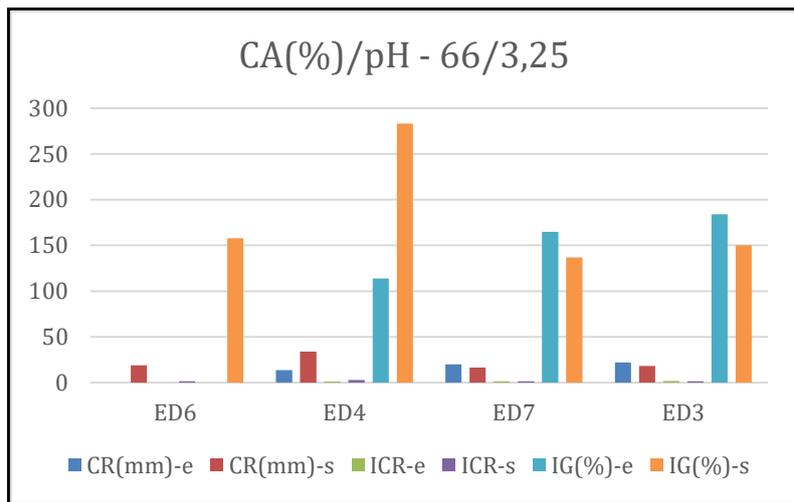
A Figura 6 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 33% e pH igual a 3,25, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi observada, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 175,0. Em seguida foi a ED7 (107%), ED4 (76%) e ED6 (0%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED4 apresentou o maior IG (%) igual a 260,0. Em seguida foi a ED3 (160%), ED7 (75%) e ED6 (66%). A Figura 7 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 66% e pH igual a 3,25, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi observada, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 184,0. Em seguida foi a ED7 (165%), ED4 (114%) e ED6 (0%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED4 apresentou o maior IG (%) igual a 284,0. Em seguida foi a ED6 (158%), ED3 (150%) e ED7 (137%). A Figura 8 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 99% e pH igual a 3,25, de acordo com o planejamento

experimental. Nessa foi observada, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 178,0. Em seguida foi a ED4 (140%), ED6 (108%) e ED7 (92,5%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED4 apresentou o maior IG (%) igual a 191,0. Em seguida foi a ED3 (150%), ED7 (94%) e ED6 (91%).

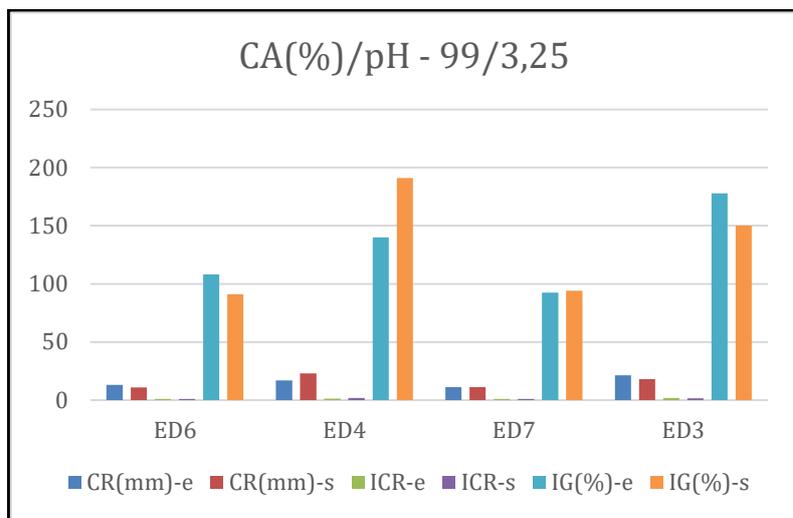
**Figura 06** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=33%; pH=3,25. -e (entrada);-s (saída)



**Figura 07** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=66%; pH=3,25. -e (entrada);-s (saída)

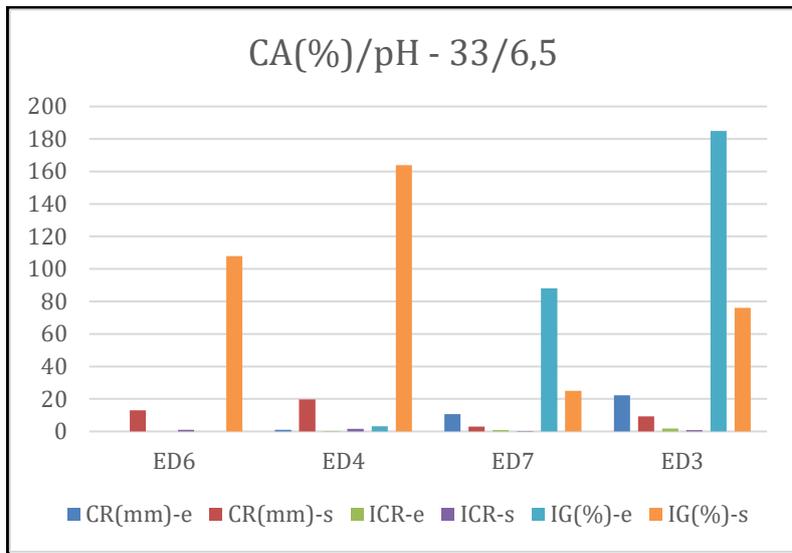


**Figura 08** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=99%; pH=3,25. -e (entrada);-s (saída)

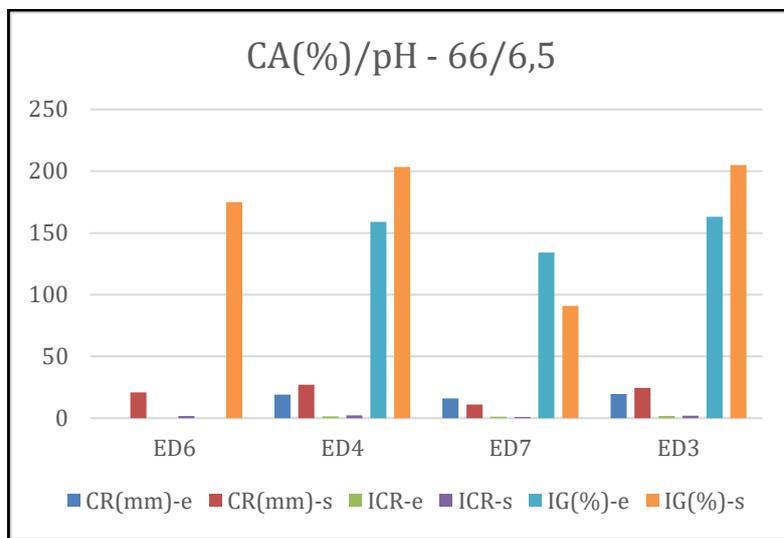


A Figura 9 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 33% e pH igual a 6,5, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi observado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 185,0. Em seguida, foi a ED7 (88%), ED4 (3,2%) e ED6 (0%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED4 apresentou o maior IG (%) igual a 164,0. Em seguida, foi a ED6 (108%), ED3 (76%) e ED7 (25%). A Figura 10 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 66% e pH igual a 6,5, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi analisado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 163,0. Em seguida foi a ED4 (159%), ED7 (134%) e ED6 (0%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 205,0. Em seguida foi a ED4 (203,4%), ED6 (175%) e ED7 (91%). A Figura 11 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 99% e pH igual a 6,5, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi mostrado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 219,0. Em seguida foi a ED4 (216,9%), ED6 (183%) e ED7 (145%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED6 apresentou o maior IG (%) igual a 241,0. Em seguida foi a ED3 (235%), ED4 (217,5%) e ED7 (183%).

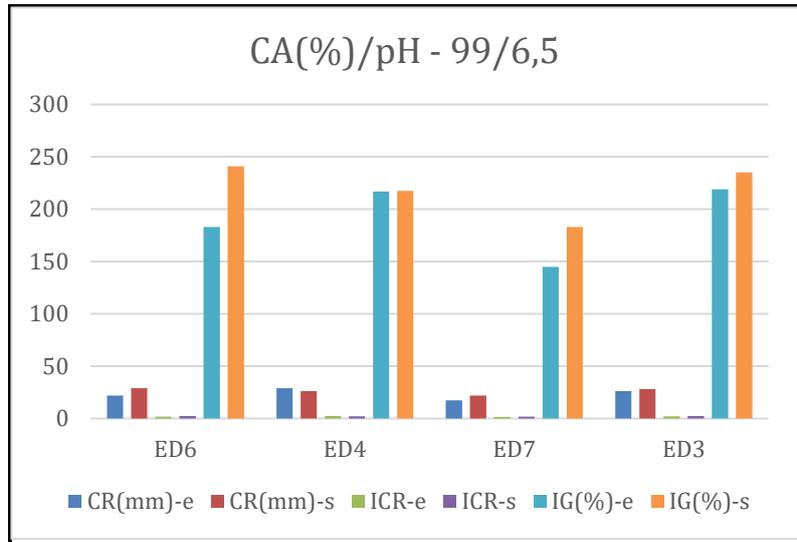
**Figura 09** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=33%; pH=6,5. -e (entrada);-s (saída)



**Figura 010** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=66%; pH=6,5. -e (entrada);-s (saída)

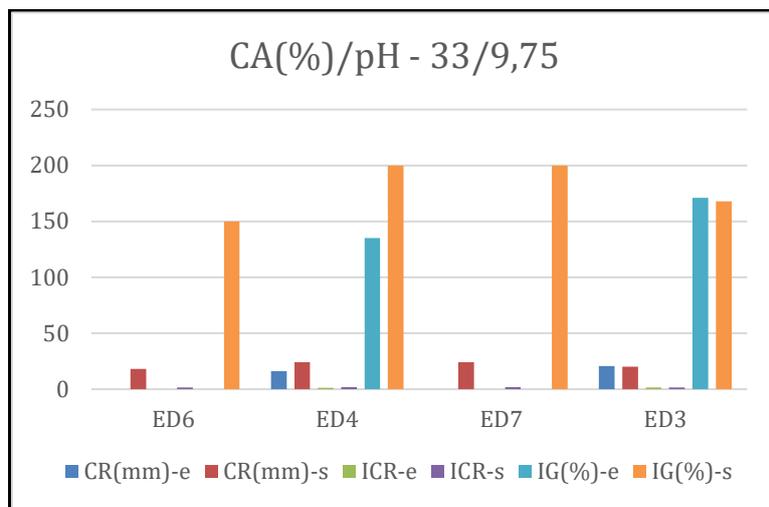


**Figura 011** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=99%; pH=6,5. -e (entrada);-s (saída)

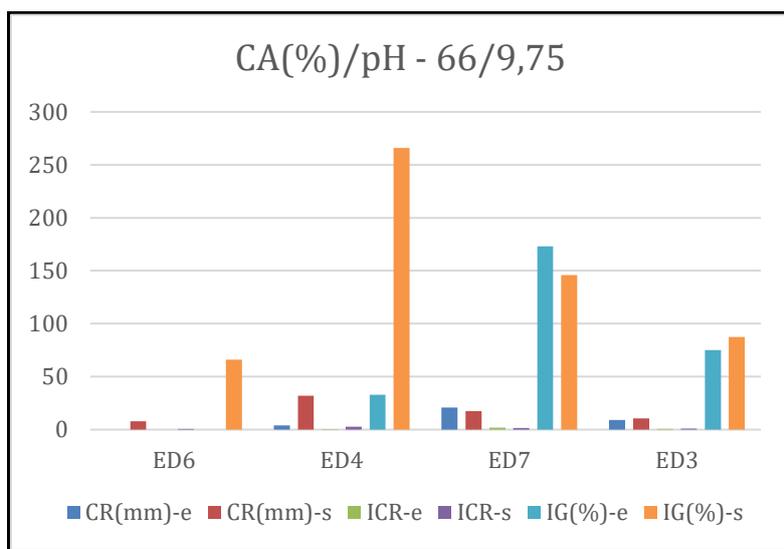


A Figura 12 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 33% e pH igual a 9,75, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi observado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 171,0. Em seguida foi a ED4 (135%), ED6 (0%) e ED7 (0%). Na saída do efluente tratado, as amostras ED4 e ED7 apresentaram o maior e mesmo valor de IG (%) igual a 200,0. Em seguida foi a ED3 (168%) e ED6 (150%). A Figura 13 mostra a Concentração da Amostra (CA) igual a 66% e pH igual a 9,75, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi avaliado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED7 apresentou o maior IG (%) igual a 173,0. Em seguida, foi a ED3 (75%), ED4 (33%) e ED6 (0%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED4 apresentou o maior IG (%) igual a 266,0. Em seguida foi a ED7 (146,0%), ED3 (87,5%) e ED6 (66%). A Figura 14 representa a Concentração da Amostra (CA) igual a 99% e pH igual a 9,75, de acordo com o planejamento experimental. Nessa foi mostrado, que na entrada do efluente tratado, a amostra ED3 apresentou o maior IG (%) igual a 219,0. Em seguida foi a ED4 (216,9%), ED6 (183%) e ED7 (145%). Na saída do efluente tratado, a amostra ED6 apresentou o maior IG (%) igual a 241,0. Em seguida foi a ED3 (235%), ED4 (217,5%) e ED7 (183%).

**Figura 012** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s-) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=33%; pH=9,75. -e (entrada);-s (saída)



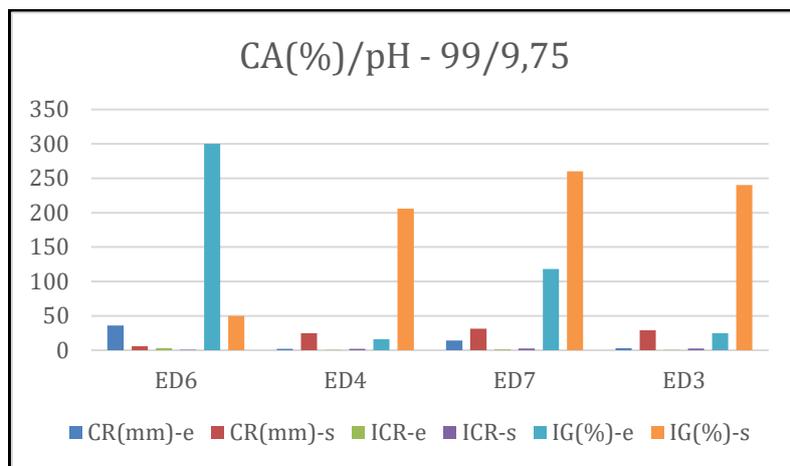
**Figura 013** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s-) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=66%; pH=9,75. -e (entrada);-s (saída)



Segundo Young et al. (2012), uma amostra é considerada tóxica, quando inibe o crescimento das sementes com resultado de IG abaixo de 80%, e taxas acima de 120% são consideradas estímulos de crescimentos para as sementes.

Observando os resultados das saídas das amostras analisadas foi observado, que 16,6% dos ensaios apresentam resultados de IG inferiores a 80%, enquanto 69,4% das amostras analisadas exibiram valores de IG superiores a 120%, o que indica a presença de substâncias que estimulam a germinação das sementes de alface.

**Figura 014** – Índices de Crescimento Radicular (ICR)(-e-s-) e Índices de Germinação (IG)(-e-s). CA=99%; pH=9,75. -e (entrada);-s (saída)



### Coliformes Totais

Os coliformes totais são encontrados na natureza e no trato gastrointestinal de alguns animais sendo bacilos, que podem ser aeróbios ou anaeróbios facultativos e fermentam a lactose. A presença desses coliformes em ensaios ambientais representa a qualidade higiênica e sanitária dessa amostra analisada. A Resolução 430º/2011 do CONAMA não abrange nenhuma restrição relacionada à concentração de coliformes totais, embora nas resoluções antigas, as concentrações desses coliformes devem ser nulas (ausentes). As análises de coliformes nas amostras apresentam concentrações altas para a presença desses micro-organismos, apesar de que atualmente no Brasil não existe nenhuma restrição para essa análise.

Os coliformes termotolerantes são indicados principalmente pela presença da *Escherichia Coli* mostrando possíveis contaminações fecais e a presença de patógenos. Assim como os Coliformes Totais, as leis atuais não restringem a presença desse indicador. As análises de *E.C.* nas amostras também apresentam concentrações altas para a presença de *E. Coli*, embora ainda sejam inferiores às de coliformes totais, apesar de que não existe nenhuma lei para a presença de coliformes na atualidade.

Birhane et al., (2019) em dados reportados na literatura estudaram a influência da sazonalidade na performance de uma ETA convencional na cidade de Gambella, na Etiópia com uma vazão do afluente na ordem de 116 L.s<sup>-1</sup>). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), os valores obtidos de *E.Coli* nesses

efluentes para essas ETA's apresentam concentrações em desacordo com o padrão de potabilidade dessa organização.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, os resultados apresentados mostram as características do tratamento de efluentes de esgoto doméstico na Região Metropolitana do Recife, com ênfase no estudo microbiológico, físico-químico e testes de toxicidade. As análises apresentadas mostram, que grande parte das amostras apresentam resultados satisfatórios e estão de acordo com a Resolução 430º/2011 do CONAMA, porém os valores para a concentração de coliformes foram elevados durante todo o período da pesquisa. O estudo sobre o saneamento básico é de suma importância para a sociedade, e o surgimento de novas tecnologias como os reatores do tipo UASB, que tem como principal finalidade melhorar a eficiência em seus processos. De acordo com os dados obtidos foi possível observar um panorama da situação do tratamento dos efluentes domésticos presentes em alguns condomínios, que estão situados na Região Metropolitana do Recife.

## REFERÊNCIAS

AFZAL, M., ARSLAN, M., MÜLLER, J.A., SHABIR, G., ISLAM, E., TAHSEEN, R., ANWAR-UL-HAQ, M., HASHMAT, A.J., IQBAL, S., KHAN, Q.M. Floating treatment wetlands as a suitable option for large-scale wastewater treatment. **Nature Sustainability**. v. 2, p. 863–871, 2019.

ALCARAZ-IBARRA, S.; MIER-QUIROGA, M.A.; ESPARZA-SOTO, M.; LUCERO-CHÁVEZ, M.; FALL, C. Treatment of chocolate-processing industry wastewater in a low-temperature pilot-scale UASB: Reactor performance and *in-situ* biogas use for bioenergy recovery. **Biomass and Bioenergy**. v. 142, p. 105786, 2020.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 14<sup>a</sup> ed. New York, 1975.

APHA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19<sup>a</sup> ed. Washington, 1995.

APHA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18<sup>a</sup> ed. New York, 2005.

BASSETT, J. VOGEL. **Análise Inorgânica Quantitativa**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara S/A. 1981.

BATALHA, B.L. **Controle de Qualidade da Água para Consumo Humano**. São Paulo. CETESB, 1977.

BIRHANE, B.S.; HISHE, T.G.; TENAGASHAW, D.Y. Performance Evaluation of Gambella Town Water Treatment Plant. **International Journal of Advanced Science and Engineering**, v. 6, n. 2, p. 1305-1312, 2019.

BITOUN, J. L. I. B. A Região Metropolitana do Recife: Principais características da sua região de influência e da integração dos municípios na aglomeração recifense. In: Maria Ângela de Almeida Souza; Jan Bitoun. (Org.). **RECIFE: TRANSFORMAÇÕES NA ORDEM URBANA**. 1ed<sup>a</sup>. Rio de Janeiro: Letra Capital, v. 6, p. 45-69, 2015.

BOHN, P.W.; MARIÑAS, B.J.; GEORGIADIS, J.G.; MAYES, A.M.; SHANNON, M.A.; ELIMELECH, M., Science and technology for water purification in the coming decades. **Nature**. v. 452, p. 7185, 301-310, 2008.

BOHÓRQUEZ, E.; PAREDES, D.; ARIAS, C.A. Vertical flow-constructed wetlands for domestic wastewater treatment under tropical conditions: effect of different design and operational parameters. **Environmental Technology**, v. 38, n. 2, p. 199-208, 2017.

BORTH, P.L.B., GALVÃO, R.B., SAMPAIO, L.P., TORRECILHAS, A.R., FERNANDES, F. Congresso ABES, Tratamento Conjugado de Esgoto Doméstico e Lixiviado de Aterro Sanitário em Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo, 2017.

BRANDÃO Y, TEODOSIO J, BENACHOUR M, OLIVEIRA J, MARINHO I, FIGUEIRÊDO F, ANSELMO-FILHO P. Estudo do efeito do excesso de ar e da potência dissipada do queimador sobre as capacidades do processo DiCTT no tratamento de efluentes líquidos fenólicos. **Revista Ibero-Americana Sistemas Cibernética e Informática**. v. 7, p. 1–9, 2010.

BRANDÃO Y, TEODOSIO J, DIAS F, EUSTÁQUIO W, BENACHOUR M. Treatment of phenolic effluents by a thermochemical oxidation process (DiCTT) and modelling by artificial neural networks. **Fuel**. v. 110, p. 185–195, 2013.

BRANDÃO, Y.B. et al. Phenolic Wastewaters: Definition, Sources and Treatment Processes. In: Soto-Hernández M, Palma-Tenango M, García-Mateos MR (Ed). Phenolic compounds: natural sources, importance and applications, 1 rd edn. Intech, Rijeka-Croatia, 2017. p. 323–342.

BRANDÃO, Y.B.; DIAS, F.F.S.; OLIVEIRA, D.C.; ZAIDAN, L.E.M.C.; TEODOSIO, J.R.; OLIVEIRA, J.G.C.; BENACHOUR, M. Unconventional advanced oxidation technique: Evaporation liquid rate and phenolic compounds degradation evaluation and modelling/optimization process with CFD, RSM and ANNs. **Fuel**. v. 300, p. 120967, 2021.

BRASIL, S.N. de S.-S., Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**, Brasília, 2019.

CONAMA. Resolução nº 430/2011. MMA, 2011. Disponível em: <Resolução CONAMA Nº 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de

efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." (mma.gov.br)>. Acesso em: 15 de fev. de 2021.

DECEZARO, S.T.; WOLFF, D.B.; ARAÚJO, R.K.; CARVALHO JÚNIOR, O.; SEZERINO, P.H. Nitrification/denitrification potential of a septic tank and a constructed wetland with recirculation in the decentralized wastewater treatment from a housing development. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 26, p. 4, 2021.

DING, W.; JIN, W.; CAO, S.; ZHOU, X.; WANG, C.; JIANG, Q.; HUANG, H.; TU, R.; HAN, S-F; WANG, Q. Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water. **Water Research**. v. 160, p. 339-349, 2019.

FERRI, L.S.R. **Caracterização de esgoto oriundo de fossa séptica biodigestora e seu potencial para aplicação na agricultura como biofertilizante**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, 2014.

GASSIE, L.W., ENGLEHARDT, J.D. Advanced oxidation and disinfection processes for onsite net-zero greywater reuse: a review. **Water Research**. v. 125, p. 384-399, 2017.

KIM, H.K.; IHM, K.S. "Heterogeneous catalytic wet air oxidation of refractory organic pollutants in industrial wastewaters", **Journal of Hazardous Materials**. v. 186, n. 1, p. 16-34, 2011.

LEONET, A.B; PRADO, E.L; OLIVEIRA, S.V.W.B. Saneamento Básico no Brasil: Considerações Sobre Investimento e Sustentabilidade para Século XXI. **Revista de Administração Pública**. v. 45, n. 2, 2011.

LI, X.; LI, Y.; XU, D.; QIU, Z.; ZHU, H.; TIAN, H. Effects of solar aeration on purification capacity of floating constructed wetlands with biochar. **Environmental Science Technology**. 41, n. 7, p. 54–59, 2018.

MATAFONOVA, G.; BATOEV, V. (2018) Recent advances in application of UV light-emitting diodes for degrading organic pollutants in water through advanced oxidation processes: A review. **Water Research**. v. 132, p. 177-189, 2018.

MERT, B.K.; YONAR, T.; KILIÇ, M.Y.; KESTIOĞLU, K. Pre-treatment studies on olive oil mill effluent using physicochemical, Fenton and Fenton-like oxidations processes. **Journal of Hazardous Materials**. v. 174, Issues 1–3, 2010.

MS. Ministério da Saúde. Portaria. nº 5 de 28/09/2017.

MS. Ministério da Saúde. Portaria. Nº 1469 MS. Brasília. 29/12/2000.

METCALF; E. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, p. 1980, 2016.

MICHAEL-KORDATOU, I.; KARAOLIA, P.; FATTA-KASSINOS, D. The role of operating parameters and oxidative damage mechanisms of advanced chemical oxidation processes in the combat against antibiotic-resistant bacteria and resistance genes present in urban wastewater. **Water Research**. v. 129, p. 208-230, 2018.

NIVALA, J.; WALLACE, S.; HEADLEY, T.; KASSA, K.; BRIX, H.; VAN AFFERDEN, M.; MÜLLER, R. Oxygen transfer and consumption in subsurface flow treatment wetlands. **Ecological Engineering**, v. 61, parte B, p. 544-554, 2013.

OLIVEIRA, G.A.; COLARES, G.S.; LUTTERBECK, C.A.; DELL'OSBEL, N.; MACHADO, E.L.; RODRIGUES, L.R. Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. **Science of the Total Environment**. v. 773, p. 145609, 2021.

PEREIRA, M.S.; MAGALHÃES FILHO, F.J.C.; LIMA, P.M.; TABAK, B.M.; CONSTANTINO, M. Sanitation and water services: Who is the most efficient provider public or private? Evidences for Brazil. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101149>.

REYNALDO, A.M.O; LACERDA, N; JUCÁ, S. Reconfiguração espacial da Região Metropolitana do Recife. **Processo de fragmentação e integração**. In: Román Caracciolo; Pablo Elinbaum; Biel Horrach Estarellas; Mariana Debat. (Org.). *La metrópolis ibero-americana em sus propios términos*. 1ªed. Barcelona: RIURB, 2013. p. 117-129.

SCHIJVEN, J.; TEUNIS, P.; SUYLEN, T.; KETELAARS, H.; HORNSTRA, L.; RUTJES, S. QMRA of adenovirus in drinking water at a drinking water treatment plant using UV and chlorine dioxide disinfection. **Water Research**. v. 158, p. 34-45, 2019.

SIEBERT, A.P.F.; SILVA, A.C.B.; MORAES, C.M.; BEZERRA, R.S.; SILVA, L.C.M.; OLIVEIRA, D.C.; BENACHOUR, M.; BRANDÃO, Y.B. Utilização da Moringa Oleífera Lam e da Radiação Solar no Tratamento de Água para Consumo Humano. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 11, p. 86102-86129, 2020.

SILVA, J.G; QUEIROZ, S.N. **Mobilidade Pendular na Região Metropolitana de Recife (RMR)**. XVII ENANPUR, São Paulo, 2017.

SOARES, A. F. S.; NUNES, B. C. R.; SANTOS, C. V.; COSTA, F. C. R.; SANTOS, H. R.; SILVA, L. F. M.; SOUZA, R. M. G. L. **Recomendações para Prevenção do Contágio da Covid-19 (Novo Coronavírus – SARS-CoV-2) pela Água e por Esgoto Doméstico**. Cartilha, 2020.

USEPA, **Ecological Effects Test Guidelines**: seed germination/root elongation toxicity test, Washington, 1996.

WAGNER, L.F.; WIECHETECH, G.K.; SZÉLIGA, M.R. Evaluation of wastewater treatment plant with anaerobic reactor receiving sludge from water treatment plant Actiflo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. v. 24, n. 4, p. 709–717, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality 4<sup>a</sup> ed. Geneva: WHO, 2011.

YOUNG, B.J.; RIERA, N.I.; BEILY, M.E.; BRES, P.A.; CRESPO, D.C.; RONCO, A.E. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 76, p. 182-186, 2012.

ZHANG, L., ZHAO, J., CUI, N., DAI, Y., KONG, L., WU, J., CHENG, S. Enhancing the water purification efficiency of a floating treatment wetland using a biofilm carrier. *Environmental Science Pollution Research*. v. 23, p. 7437–7443, 2016.

*Recebido em: 01/06/2021*

*Aprovado em: 25/06/2021*

*Publicado em: 30/06/2021*