



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAROLINE ISABELE NEPOMUCENO

**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DO PARACETAMOL EM UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO EM ESCALA REAL**

Caruaru

2022

CAROLINE ISABELE NEPOMUCENO

**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DO PARECETAMO EM UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO EM ESCALA REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Saneamento Ambiental.

**Orientador(a):** Prof(a). Dr(a). Kenia Kelly Barros Silva

Caruaru

2022

## AGRADECIMENTOS

“Posso, tudo posso Naquele que me fortalece, nada e ninguém no mundo vai me fazer desistir, quero, tudo quero, sem medo entregar meus projetos, deixar-me guiar nos caminhos que Deus desejou pra mim” Primeiramente quero agradecer a Deus por essa etapa concluída e pedir sabedoria para próxima que inicia. Agradecer a minha família que sempre esteve junto comigo. Minha mãe Aurea que sempre me incentivou e acreditou em mim muitas vezes mais do que eu mesma, e a meu pai, Ezequiel, que pega no meu pé para que eu seja um pouquinho melhor todo dia (principalmente com horário), nas noites que fiquei acordada estudando era muitas vezes companhia. Todos os dois sempre me apoiaram em toda decisão que permitisse que eu crescesse profissionalmente, inclusive deixaram seus afazeres para estarem comigo em Tamandaré durante cinco meses para que eu pudesse estagiar. Agradeço a minha irmã “gêmea”, Priscyla, que sempre cuidou de mim, que me aguenta, que foi minha parceira no laboratório e na prefeitura, que virou noites acordada para me ajudar ou só fazer companhia, ela e Edmilton me ajudaram a conseguir sobreviver até aqui. Edmilton, meu cunhado querido, que tem paciência em tirar minhas dúvidas. Minha sobrinha (filha) Hannah, sempre vinha me ajeitar quando me via desanimada. A minha avó, Evani, que sempre me acordava para eu não perder a hora em dias de prova. A meu primo (irmão), Lucas, que sempre torceu por mim e me aconselhou sempre que precisei. Agradeço a todas as pessoinhas que estiveram comigo na faculdade, não deixando que eu desistisse me ajudaram nas disciplinas que tinha dificuldade. Especialmente, gostaria de agradecer a Felipe Alves e Rafaela, que fazem drama e escutam meus dramas desde o cursinho, irmã Simeia, que me acolheu tantas vezes na sua casa, Marcelino, Piancó, J. Guilherme, menino Thulyo, Athos, Weydosn e todos os Sertanejos.

A minha orientadora Kenia, por toda paciência, cada puxão de orelha, ensinamento e por sempre confiar em mim. Não poderia deixar de agradecer a Luiza que também passou tanto tempo me orientando nas pesquisas, as professoras Beth e Simone, a todos os Leanos, em especial, Devson, Rachel, Manu, Hiago, Joelithon e Andreza. Agradeço também aos professores e técnicos do LSA. Quero agradecer a todos os professores que sem eles, nada disso também seria possível. Agradeço a cada um dos engenheiros que foram meus supervisores durante todos meus estágios, especialmente Raimundo e Thiago, pela amizade e por toda confiança em mim. Agradeço a COMPESA, por ter aberto as portas para o estágio e para minhas pesquisas, em especial, agradeço a Gétulio, por cada ensinamento e por ser sempre muito solícito.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CAA	Centro Acadêmico do Agreste
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CTG	Centro de Tecnologia e Geociências
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LEA	Laboratório de Engenharia Ambiental
LSA	Laboratório de Saneamento Ambiental
M.O.	Matéria Orgânica
SEMACE	Superintendência Estadual do meio Ambiente do Ceará
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma_x$	Desvio padrão
$\mu_x$	Média
$CV$	Coefficiente de Variação
$Z_{1-\alpha}$	Variável normal
$X_s$	Padrão porcentagem de remoção adotada
$CDC$	Coefficiente de confiabilidade
$m_x$	Concentração média do constituinte

## **Avaliação da remoção do paracetamol em uma estação de tratamento de esgoto em escala real.**

### **Evaluation of the removal of paracetamol in a full-scale waste water treatment plant.**

**Caroline Isabelle Nepomuceno<sup>1</sup>**

---

#### **RESUMO**

Os fármacos são essenciais para os seres humanos na recuperação da sua saúde, entretanto o potencial de contaminação destes produtos pode tornar-se uma ameaça para o meio ambiente. O paracetamol é um medicamento amplamente utilizado no Brasil e no mundo, possui propriedade analgésica e antitérmica, e constitui um dos principais micropoluentes encontrados nos efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Diante deste cenário, este trabalho analisou a biodegradação do Paracetamol. O experimento foi realizado em uma estação de tratamento de esgoto de Caruaru - PE, que atualmente opera com uma vazão de  $100 \text{ L.s}^{-1}$ . B – Esgoto bruto, antes de passar pelo gradeamento; R – Esgoto afluente ao reator UASB; A – Esgoto afluente à lagoa aerada; F – Esgoto afluente à lagoa facultativa; M – Esgoto afluente à lagoa de maturação. O monitoramento da estação de tratamento foi realizado através dos parâmetros físico-químicos: pH, temperatura e demanda química de oxigênio; e a avaliação da eficiência de remoção deste fármaco através do método cromatográfico HPLC para determinação das concentrações de paracetamol. Foi verificada a presença do paracetamol nos efluentes da ETE durante o período de estudo, alcançando uma concentração de paracetamol no esgoto bruto de  $144 \pm 52 \mu\text{g.L}^{-1}$ . O sistema de tratamento de esgotos analisado apresentou uma boa capacidade de remoção de paracetamol, ocorrendo  $87\% \pm 5\%$  da degradação do composto na primeira fase do tratamento, o reator UASB, e na segunda fase do tratamento, a lagoa aerada, remove os  $13 \pm 5\%$  restantes.

**Palavras-chave:** biodegradação. poluentes emergentes. paracetamol.

---

**ABSTRACT**

Drugs are essential for health recovery. However, those pharmaceuticals and their metabolites, when discharged into sewages, can contaminate the environment if they are taken away in the sewage treatment plants. Paracetamol is one of the drugs widely used in Brazil and the world. That medicine has analgesic and antipyretic properties. In addition, it's one of the main micropollutants found in effluents treated sewage. Given this scenario, this research aimed to analyse the biodegradation of acetaminophen. The experiment was carried out in the Rendeiras Sewage Treatment Plant (Rendeiras STP), Caruaru-PE. Rendeiras STP operates with an average flow of 100 L.s<sup>-1</sup>. During four months, three samples of sewage (each of them contained one L) were collected at five points of STP Rendeiras: B - sewer; R - effluent sewage from UASB reactor; A – aerated pond tributary sewage; F - affluent sewage of the facultative pond; M - affluent sewage from the maturation pond. The biodegradation efficiency of acetaminophen was evaluated in each stage of sewage treatment. For this, were analysed the following parameters: pH, temperature and biochemical oxygen demand; and the removal efficiency of acetaminophen was carried out by determining its concentration in treated sewage via high-performance liquid chromatography (HPLC). At the end of the experiment, it was observed that the best removal efficiency of acetaminophen was observed in the UASB reactor, which reached  $87 \pm 5\%$ . In the second phase of the treatment, aerated pond, the removal abstract was  $13 \pm 5\%$ .

**Keywords:** biodegradation. emerging pollutants. acetaminophen.

---

**DATA DE APROVAÇÃO:** 23 de maio de 2022.

---

**1 INTRODUÇÃO**

A água cobre cerca de 70% da superfície da Terra, totalizando um volume de 1.383 milhões de quilômetros cúbicos, entretanto apenas 2,43% dessa água é doce. A água é um insumo essencial para sobrevivência dos seres vivo, evidenciando assim a importância da a gestão dos recursos hídricos. Os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam principalmente em relação à quantidade, a preocupação com a qualidade é algo bem mais recente. As questões de uso sustentável dos recursos naturais geraram leis e resoluções que

regulamam o gerenciamento dos recursos hídricos de maneira mais adequada (BRANCO, 2006).

De acordo com os dados do IBGE, no Brasil, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário passou de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017. A qualidade das águas dos rios e das represas no Brasil é preocupante, visto que, os rios que atravessam os centros urbanos recebem grandes cargas poluidoras de fontes pontuais, como efluentes domésticos e industriais. A qualidade da água é um fator que determina sua disponibilidade para diversos usos e pode ser avaliada por meio das substâncias e organismos nela presentes. A qualidade da água é medida a partir do Índice de Qualidade das Águas (IQA), seu objetivo de avaliar a qualidade dos recursos hídricos brutos, visando o abastecimento público após tratamento. Segundo a ANA, na década de 70, o indicador foi estabelecido nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation (Fundação Nacional de Saneamento), implantado no Brasil pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em 1975, posteriormente adotado em outros estados do país.

Até o início da década de 90 a maior parte dos esforços direcionados ao controle da contaminação ambiental era voltada aos metais pesados e produtos orgânicos persistentes. Através do desenvolvimento de métodos mais sensíveis, substâncias químicas antes desconhecidas passaram a ser detectadas, identificadas e definidas quanto aos riscos que possam causar no meio ambiente.

De acordo com a Embrapa o termo, poluentes emergentes (ou contaminantes emergentes), se refere a substâncias que não são removidas ou eliminadas facilmente pelos processos tradicionais de tratamento de água para consumo humano. São mais de mil compostos que são classificados como poluentes emergentes, sendo eles, os hormônios endógenos e sintéticos, anticoncepcionais, fármacos de diversas composições, cafeína, sucralose, nanomateriais, bactericidas, inseticidas, algicidas, herbicidas, produtos de limpeza e de higiene pessoal, produtos de cloração e ozonização de águas, etc.

No Brasil, as pesquisas relacionadas a esses compostos iniciaram em 1995 com os trabalhos de Lanchote e colaboradores (2000) determinando a presença de pesticidas da classe das triazinas no Córrego Espreado em Ribeirão Preto (SP); foi detectado a presença de da ametrina em concentrações de até  $0,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Stumpf et al. (1997) analisou a presença de pesticidas na Lagoa de Juturnaíba, no Rio de Janeiro e de subprodutos do processo de desinfecção de águas que posteriormente são distribuídas à população; não foi identificada a presença de nenhum dos pesticidas, entretanto foi detectado em níveis de concentração de  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$  de EDTA no lago e na água potável, e traços de bifenil foram identificados por GC/MS

na água da lagoa.

Os fármacos apesar de serem imprescindíveis para o tratamento de diversas enfermidades que acometem principalmente os seres humanos, as substâncias farmacêuticas têm gerado preocupação quanto ao seu potencial de contaminação do meio ambiente e, conseqüentemente, a dos seres vivos que nele habitam. Considerados pela comunidade científica como um dos poluentes emergentes da atualidade, os fármacos são encontrados principalmente no meio aquático na ordem de  $\text{ng.L}^{-1}$  a  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . No entanto, apesar de apresentar pequenos valores, essa concentração já é suficiente para causar problemas como o desenvolvimento de patógenos resistentes e a desregulação endócrina e bioacumulação em seres aquáticos (REIS FILHO, LUVIZOTTO-SANTOS & VIEIRA, 2007; GEISSEN, MOL, KLUMPP, UMLAUF, NADAL, VAN DER PLOEG, VAN DE ZEE & RITSEMA, 2015; BISOGNIN, WOLFF & CARISSIMI, 2018).

A Portaria 2.914 de 2011, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, não contempla os mencionados fármacos e desreguladores endócrinos. Mesmo que alguns fármacos e desreguladores endócrinos façam parte de listas de substâncias prioritárias de observação de algumas agências internacionais, não existem padrões de potabilidade pré-definidos, de concentrações máximas permissíveis para tais compostos na água de consumo, principalmente devido à ausência de dados toxicológicos conclusivos que permitam o estabelecimento (LIMA, TONUCCI, LIBÂNIO & AQUINO, 2017).

De acordo com o Ministério da Saúde, os fármacos são definidos como a principal substância da formulação do medicamento, e responsáveis pelo efeito terapêutico. Esses compostos atingem as redes coletoras de esgotos geralmente por meio do lançamento de águas cinzas e de águas negras, que acumulam excretas de indivíduos que podem conter medicamentos e hormônios naturais não metabolizados; e do descarte nas instalações sanitárias domésticas e industriais de medicamentos não utilizados ou vencidos e de rejeitos farmacologicamente ativos. Porém, em função do custo elevado de implantação e operação de tratamentos analíticos mais sofisticados, muitas das estações de tratamentos de esgotos (ETEs) são projetadas apenas para reduzir as cargas de poluentes orgânicos e, ocasionalmente, patógenos e nutrientes (AQUINO, BRANDT & CHERNICHARO, 2013). Logo, micropoluentes como os fármacos continuam presentes nos efluentes das ETEs, podendo apresentar características ecotoxicológicas, de persistência e toxicidade iguais ou superiores aos compostos precursores despejados no esgoto bruto, uma vez que podem ser rapidamente transformados ou conjugados a outras moléculas presentes no meio em que serão

inseridos (GROSSELI, 2016).

A molécula de paracetamol é bastante complexa, apresentando vários grupos funcionais, como por exemplo: Grupo carbonila ( $C = O$ ) que, juntamente com a presença de nitrogênio, classifica o composto de paracetamol como uma amina; grupo hidroxila ( $O - H$ ), uma estrutura aromática (anel benzênico) e nitrila ( $- CN$ ). Quando metabolizado, o paracetamol sofre desacetilação gerando uma amina primária, que se combina com o ácido araquidônico para formar a Naraquidonoilfenolamina, considerada um canabinóide endógeno. Além disso, no fígado, é metabolizado nos conjugados sulfato e glicuronídeo e posteriormente excretado na urina. Assim, a fonte de poluição do paracetamol nas águas superficiais tem sido principalmente os esgotos domésticos (ZIYLAN, & INCE, 2011).

Kleywegt e colaboradores (2016) identificaram a presença de 141 compostos farmacêuticos nos esgotos hospitalares, dentre esses, o Paracetamol teve a maior concentração encontrada ( $593 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). De acordo com Rosalet e colaboradores (2010) também detectaram a presença de Paracetamol no esgoto bruto de uma ETE espanhola, a uma concentração superior a  $20 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Foi identificado a presença do Diclofenaco no Córrego da Onça, no Mato Grosso do Sul, teve maior concentração encontrada ( $1,792 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) (AMÉRICO-PINHEIRO, ISIQUE, TORRES, MACHADO, CARVALHO, VALÉRIO-FILHO & FERREIRA, 2017).

O processo de degradação da matéria orgânica por meios biológicos é amplamente utilizado no país, pois permite o tratamento de grandes volumes de efluente transformando compostos orgânicos complexos em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (ou  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ), com custos relativamente baixos. A digestão anaeróbia é considerada uma boa alternativa para o tratamento de efluentes domésticos e industriais, devido às suas vantagens sobre o tratamento aeróbio, como por exemplo, baixa produção de lodo, baixo consumo de energia e rendimento de biogás. No entanto, alguns microrganismos envolvidos na digestão anaeróbia são sensíveis a uma ampla gama de compostos que podem inibir a digestão anaeróbia e causar transtornos ou falhas nos sistemas de tratamento anaeróbio (GUERRA, E., 2017).

Os sistemas de tratamento anaeróbio e aeróbio têm sido usados para tratar efluentes farmacêuticos. No entanto, ainda há dúvidas sobre a eficiência do tratamento anaeróbio e a confiabilidade do processo, uma vez que muitos resíduos podem conter substâncias que são tóxicas para os microrganismos. Por isso, o tratamento de efluentes contendo compostos farmacêuticos tornou-se uma tarefa difícil devido à grande variedade de substâncias de difícil degradação presentes em compostos farmacêuticos (NG, MIRANDA & SIVADAS, 1989; OWEN, STUCKEY, HEALY JR., YOUNG & MCCARTY, 1979; YUAN-CHANG, SONG-

CHANG, VIGNESWARAN & KANDASAMY, 2008)

O crescimento no consumo de paracetamol está provocando um aumento na concentração desse fármaco em estações de tratamento de esgoto. Stumpf e parceiros. analisaram a remoção de fármacos e hormônios em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e a presença em águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro. Ghiselli (2006) detectou concentração de paracetamol de 0,018 mg.L<sup>-1</sup> e 0,006 mg.L<sup>-1</sup> em esgotos domésticos brutos e tratados, respectivamente na ETE Samambaia na cidade de Campinas, São Paulo, e concentrações inferiores a 0,025 mg.L<sup>-1</sup> em águas superficiais.

O paracetamol se apresenta como o segundo fármaco entre os analgésicos com maior incidência em esgotos sanitários, com maior ocorrência em efluentes de ETEs e em águas superficiais. O tratamento biológico é utilizado na maioria das ETEs, por ser um tratamento eficiente e econômico, no Brasil é o mais viável devido a seu clima favorável. São poucos os estudos que avaliam a degradação do paracetamol e de outros compostos farmacêuticos por meio biológico (GUERRA, 2017; LIMA, TONUCCI, LIBÂNIO & AQUINO, 2017; AQUINO, BRANDT & CHERNICHARO, 2013).

Desta forma, devido à alta disponibilidade destes micropoluentes em efluentes e corpos hídricos, além do potencial de acúmulo dessas substâncias nas ETEs, esta pesquisa teve como objetivo verificar a presença de Paracetamol nos esgotos bruto e tratado de uma estação de tratamento de esgoto, em escala real, em operação na cidade de Caruaru, região Agreste de Pernambuco, além de avaliar a eficiência de remoção desse fármaco pelo sistema de tratamento em estudo.

A relevância desta pesquisa se dá principalmente, pois o lançamento não controlado de fármacos nos corpos d'água pode gerar o desenvolvimento de microrganismos resistentes a antibióticos, além de poder causar distúrbios metabólicos, disfunções no sistema endócrino e reprodutivo, dos animais e seres humanos após a ingestão da água contaminada.

---

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Local

O experimento foi realizado em uma estação de tratamento de esgoto da cidade de Caruaru, a ETE Rendeiras. Esta estação possui uma capacidade de tratar 450 L.s<sup>-1</sup>, atualmente recebe aproximadamente 40% do esgoto bruto da cidade e opera com uma vazão média de 100 L.s<sup>-1</sup>. O sistema de tratamento que foi monitorado está representado na figura 1:

**Figura 1** – Sistema de tratamento da estação que será avaliada.



Fonte: Autor (2022).

**Figura 2**– Estação de Tratamento de Esgoto- ETE Rendeiras



Fonte: COMPESA (2017)

O esgoto bruto da estação de tratamento em estudo possui as seguintes características físico-químicas:

**Tabela 1** – Características físico-químicas do esgoto da ETE

PARÂMETRO	UNIDADE	CONCENTRAÇÃO
Temperatura	°C	28,5 ± 0,6
pH	-	7,1 ± 0,1
Alcalinidade	mg CaCO <sub>3</sub>	379 ± 99
Cloretos	mg.L <sup>-1</sup> Cl	300 ± 41
DBO	mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	530 ± 35
DQO	mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	914 ± 73
Sólidos Sedimentáveis	mlL <sup>-1</sup>	4 ± 2
Sólidos Totais	mg.L <sup>-1</sup>	1452 ± 314
Sólidos Fixos	mg.L <sup>-1</sup>	884 ± 187
Sólidos Voláteis	mg.L <sup>-1</sup>	569 ± 33
Sólidos Suspensos Totais	mg.L <sup>-1</sup>	387 ± 88
Sólidos Suspensos Fixos	mg.L <sup>-1</sup>	142 ± 64
Sólidos Suspensos Voláteis	mg.L <sup>-1</sup>	245 ± 65

Fonte: COMPESA (2021) adaptada.

## 2.2 Coletas

Foram realizadas três coletas das amostras no período de setembro de 2021 a janeiro de 2022, conforme descrito na Tabela 2:

**Tabela 2** – Identificação das amostras e período de coleta

<b>NOME DA AMOSTRA</b>	<b>PERÍODO DA COLETA</b>
Amostra 1	Setembro de 2021
Amostra 2	Outubro de 2021
Amostra 3	Janeiro de 2022

Fonte: Autor (2022)

As coletas eram realizadas com um auxílio de um balde, o qual era lançado no meio de cada ponto de coleta; de um ponto para outro o balde era lavado com água destilada e em seguida com a amostra que seria coletada, assim como as garrafas nas quais foram armazenadas as amostras, a fim de garantir que as amostras não fossem contaminadas com qualquer substância que pudessem interferir nos resultados das análises. As amostras foram armazenadas em garrafas de vidro, com volume de 1 litro, em 5 pontos do sistema de tratamento de esgotos do município de Caruaru, como descrito a seguir:

$B_X$  – Esgoto bruto, antes de passar pelo gradeamento.

$R_X$  – Esgoto afluente ao reator UASB.

$A_X$  – Esgoto afluente à lagoa aerada.

$F_X$  – Esgoto afluente à lagoa facultativa.

$M_X$  – Esgoto afluente à lagoa de maturação.

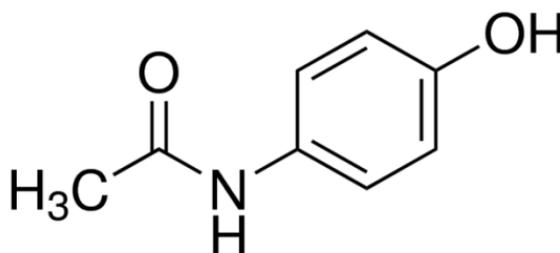
Nos resultados o X é substituído por um número que varia de 1 a 3, de acordo com a coleta.

### **2.3 Fármaco analisado**

O Acetaminofeno, mais conhecido como Paracetamol, é um composto com propriedades analgésica e antitérmica, indicado para a redução da febre e o alívio de dores moderadas (dores associadas a resfriados comuns, dores musculares, dor de cabeça, dor de dente e outras).

O fármaco que foi analisado possui estrutura molecular complexa, na qual estão incluídos alguns grupos funcionais que dificilmente são biodegradáveis, como anéis benzênicos e amidas.

**Figura 3** - Estrutura molecular do acetaminofeno (paracetamol).



Fonte: SIGMA-ALDRICH (2018).

## 2.4 Análises

O processo de monitoramento da estação de tratamento ocorreu de acordo com os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura e demanda química de oxigênio (DQO). A metodologia analítica utilizada para determinação desses parâmetros foi baseada nos métodos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA/CAA), no Campus Caruaru.

A avaliação da eficiência de remoção deste fármaco foi realizada através do método cromatográfico HPLC para determinação das concentrações de paracetamol, presente nas amostras. As amostras foram conservadas com a adição de formaldeído, para evitar que houvesse degradação do composto, o volume acrescentado da substância a amostra correspondia a 1% do volume total. As análises de cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA/CTG), no Campus Recife.

Na identificação do paracetamol, a metodologia original foi adaptada para melhor atender às características físico-químicas das amostras a serem avaliadas. Inicialmente, as amostras foram filtradas em filtro para seringa de celulose regenerada de 0,45  $\mu\text{m}$  e transferidas para um *vial* de 2 mL, modelo LC-20AT. Injetou-se 100  $\mu\text{L}$  de cada analito em uma coluna de HPLC (C 18 4.6 x 250 mm 5 $\mu\text{m}$ ), com fluxo de 1mL/min e temperatura do forno de 40°C. As soluções eluentes utilizadas foram de acetonitrila grau HPLC (solução A) e tampão fosfato ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  nM, pH 2,5) (solução B) na proporção de 10:90 (%), respectivamente. A corrida foi de 6 minutos de duração para cada, e a leitura das amostras se deu no comprimento de onda de 248 nm.

**Figura 4** – Preparação das amostras para realização das análises de DQO e de cromatografia.



Fonte: Autor (2022).

## 2.5 Tratamento estatístico dos resultados

Os resultados obtidos neste experimento foram tratados estatisticamente pelos cálculos dos valores médios e desvio padrão das amostras analisadas; além dos testes de dispersão e verificação de confiabilidade dos resultados de remoção de paracetamol.

A confiabilidade é a probabilidade de um item exercer sua função de forma adequada, em conformidade com condições específicas, por um período determinado de tempo. A avaliação dos processos de tratamento de esgotos em relação à confiabilidade é indispensável, pois fornece informações que permitem adotar um determinado sistema de tratamento, além de permitir a avaliação do desempenho real de uma ETE (PONCE, ROLLEMBERG & OLIVEIRA, 2019).

Os testes de verificação foram feitos a partir da análise de confiabilidade descrita por Ponce e seus colaboradores (2019)., aplicado aos resultados de eficiência de remoção de paracetamol nos pontos da ETE que apresentaram remoção do composto, conforme descrito a seguir.

Primeiro, foram encontrados dos o desvio padrão ( $\sigma_x$ ) e a média de distribuição ( $\mu_x$ ) dos pontos que apresentaram alguma eficiência de remoção de acetaminofeno; em seguida foi calculado o coeficiente de variação para cada um destes pontos, de acordo com a Eq. 1.; em seguida foi calculado a variável conforme a Equação 2.

$$CV = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (1)$$

$$Z_{1-\alpha} = \frac{\ln X_s - [\ln \mu_x - \frac{1}{2} \ln(1+CV^2)]}{\sqrt{\ln(1+CV^2)}} \quad (2)$$

$Z_{1-\alpha}$  → é a variável normal reduzida correspondente à probabilidade de não excedência;  $1-\alpha$ ;

$X_s$  → é o padrão porcentagem de remoção adotada.

Por fim, o nível de confiabilidade é determinado pelos valores de padronização da distribuição normal, a partir dos valores preestabelecidos na tabela 3.

**Tabela 3** – Valores padronizados da distribuição normal

NÍVEL DE CONFIABILIDADE (%)	$Z_{1-\alpha}$
76	0,679
80	0,842
82	0,944
90	1,282
95	1,645
98	2,054
99	2,326

Fonte: PONCE, ROLLEMBERG & OLIVEIRA (2019) adaptada.

Para determinação dos coeficientes de confiabilidade (CDC) que relacionam o valor médio do parâmetro ( $\mu_x$ ) com o valor padrão ( $X_s$ ) para um determinado nível de confiabilidade foram calculados por meio da Eq. 3 para os parâmetros estudados (Tabela 3). Esses coeficientes foram desenvolvidos a partir do tempo que o valor de um parâmetro efluente da estação não ultrapassa um determinado valor padrão de referência e assim verificar a confiabilidade dos resultados (PONCE, ROLLEMBERG & OLIVEIRA 2019). Com os CDCs obtidos, foi possível obter valores de operações necessárias para que o efluente atingisse a meta especificada através da Eq. 4.

$$CDC = \sqrt{(CV^2 + 1)} * e^{[-Z_{1-\alpha} \sqrt{\ln(CV^2+1)}]} \quad (3)$$

$$m_x = CDC * X_s \quad (4)$$

$m_{x \rightarrow}$  concentração média do constituinte.

A classificação quanto à dispersão dos dados foi feita a partir da análise de dispersão relativa da eficiência de remoção do fármaco, está relacionado ao CV:

- CV for menor ou igual a 15% – Dados homogêneos (baixa dispersão);
- CV for entre 15 e 30% – Média dispersão;
- CV for maior que 30% – Dados heterogêneos (alta dispersão).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análises físico-químicas das amostras

Os parâmetros físico-químicos de caracterização dos cinco pontos de coleta estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 4** – Resultados das análises físico-químicas.

PARÂMETRO	PONTO DE COLETA				
	ESGOTO BRUTO	REATOR UASB	LAGOA AERADA	LAGOA FACULTATIVA	LAGOA DE MATURAÇÃO
Temperatura (° C)	28,4 ± 0,5	29 ± 0,4	28 ± 1	29,1 ± 0,9	30,6 ± 2
pH	7,2 ± 0,2	7,3 ± 0,1	8,2 ± 1	8,3 ± 0,8	8,3 ± 0,3
DQO (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	994 ± 85	407 ± 16	396 ± 43	101 ± 2	97 ± 4

Fonte: Autor (2022).

A partir desses resultados é possível verificar que a eficiência de degradação da matéria orgânica da estação de tratamento em estudo é de aproximadamente 90% e cerca de 60% dessa biodegradação da M.O. Ocorre na primeira fase do tratamento, o reator UASB.

A Portaria Semace (Superintendência Estadual do meio Ambiente do Ceará) n.º 154, de 22/07/2002 estabelece os valores limites das concentrações de DQO de 200 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>. A partir da saída do efluente da lagoa facultativa apresentam concentrações inferiores ao limite estabelecido concentrações de DQO.

#### 3.2 Ocorrências de paracetamol nas amostras

Foi identificada a presença de paracetamol nas amostras de esgoto bruto e após a saída do reator das amostras analisadas durante a pesquisa, conforme apresentado nas tabelas abaixo:

**Tabela 5** – Concentrações de paracetamol nas amostras da primeira coleta.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE PARACETAMOL (µg.L <sup>-1</sup> )
B <sub>1</sub>	116,901
R <sub>1</sub>	16,774
A <sub>1</sub>	ND
F <sub>1</sub>	ND

M <sub>1</sub>	ND
----------------	----

Fonte: Autor (2022).

Legenda: ND - Não detectado.

**Tabela 6** – Concentrações de paracetamol nas amostras da segunda coleta.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE PARACETAMOL ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
B <sub>2</sub>	110,5
R <sub>2</sub>	19,529
A <sub>2</sub>	ND
F <sub>2</sub>	ND
M <sub>2</sub>	ND

Fonte: Autor (2022).

Legenda: ND - Não detectado.

**Tabela 7** – Concentrações de paracetamol nas amostras da terceira coleta.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE PARACETAMOL ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
B <sub>3</sub>	203,701
R <sub>3</sub>	16,964
A <sub>3</sub>	ND
F <sub>3</sub>	ND
M <sub>3</sub>	ND

Fonte: Autor (2022).

Legenda: ND - Não detectado.

A partir desses resultados foi possível verificar a ocorrência de concentrações de paracetamol apenas no esgoto bruto e no efluente de saída do reator. Durante o período de estudo a concentração média de paracetamol no esgoto bruto foi de  $144 \pm 52 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  e na saída do UASB de  $17,8 \pm 1,5 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

A estação de tratamento de esgoto em estudo possui capacidade de remoção de paracetamol de 100%, ocorrendo boa parte da degradação do composto ainda na primeira fase do tratamento (reator UASB), correspondendo a  $87 \pm 5\%$  e na segunda fase do tratamento (lagoa aerada) remove os  $13 \pm 5\%$  restantes.

Os tratamentos anaeróbios são boas alternativas para a remoção de compostos farmacêuticos presentes em efluentes industriais e esgotos domésticos, pois são capazes de suportar resíduos persistentes e com altas cargas de DQO (OKTEM, Y. e colaboradores, 2008).

O impacto crônico do antibiótico tetraciclina na biodegradação do substrato em condições anaeróbicas foi avaliado em um experimento que utilizou um reator anaeróbio em batelada de sequenciamento alimentado com substrato sintético contendo doses de tetraciclina entre 1,65

e  $8,5 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os resultados mostraram que a remoção de DQO atingiu eficiência acima de 90%. No entanto, quando a dose de tetraciclina aumentou para  $8,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , a redução eficiente de remoção de DQO para apenas 9% (CETECIOGLU, Z., 2013). Em outra pesquisa, foi relatado que o tratamento anaeróbio era adequado para efluentes da indústria farmacêutica com concentração de até  $40 \text{ mg.L}^{-1}$  de sulfametoxazol. No entanto, níveis mais elevados de sulfametoxazol exerceram efeitos tóxicos sobre a comunidade microbiana em condições anaeróbicas, causando a inibição da utilização de substrato/COD e geração de biogás, levando ao colapso total do reator (CETECIOGLU, Z., 2015).

Melo, A. e colaboradores (2018), analisaram a biodegradação do paracetamol em reatores inoculados com lodo anaeróbio, a solução no início do experimento era de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , na presença de ferro e sulfato; após um período de 30 dias, obtiveram remoção (78% e 87%). Guerra, E. (2017) analisou a degradação do paracetamol em reatores biológicos anaeróbios, com uma concentração inicial de paracetamol de  $30 \text{ mg.L}^{-1}$ , o reator com melhor desempenho obteve uma eficiência de remoção, 98% e 74% do fármaco.

Os resultados encontrados quando analisados em relação à dispersão percebe-se que a eficiência de remoção do UASB pode ser classificada como homogênea (5,47%) e na lagoa aerada classifica-se como média dispersão (35,22%).

Na Tabela 8, estão descritos os resultados encontrados com aplicação do método de verificação de confiabilidade para a eficiência de remoção do acetaminofeno no reator UASB e na lagoa aerada, os dois pontos do sistema que apresentaram resultados significativos de degradação do composto.

**Tabela 8** – Valores de CDC e  $m_x$  para eficiência de remoção de paracetamol

PONTO DE ANÁLISE	$\mu$	CV	$Z_{1-\alpha}$	CDC	$m_x$	VALOR DESEJADO
Reator UASB	86,55	0,055	0,944	0,9999	88,99	89
Lagoa Aerada	13,45	0,352	0,679	0,9251	14,80	16

Fonte: Autor (2022).

De acordo com a Tabela 3, os níveis de confiabilidade da eficiência de remoção do fármaco nos pontos em análise são de 84% para o reator e de 76% para a lagoa aerada. Como base nos resultados da Tabela 4, pode-se afirmar que as médias da eficiência de remoção de paracetamol do reator anaeróbio e da lagoa aerada atingiram estão próximas da ideal, para estes níveis de confiabilidade.

---

## 4 CONCLUSÕES

A estação de tratamento de esgoto analisada possui uma eficiência de remoção de matéria orgânica de 90%, o efluente atende aos limites de concentração de DQO média de  $97 \pm 4$  mg  $O_2.L^{-1}$ .

Foi detectada a presença de paracetamol apenas no esgoto bruto e no efluente de saída do reator anaeróbio. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que a estação de tratamento de esgoto em estudo possui capacidade de remoção de paracetamol de 100% para um esgoto doméstico com concentração de  $144 \pm 52$   $\mu g.L^{-1}$  de acetaminofeno;  $87 \pm 5\%$  da degradação do composto ocorre no reator anaeróbio (primeira fase do tratamento) e  $13 \pm 5\%$  restantes são removidos na lagoa aerada (segunda fase do tratamento).

Fica como sugestão para trabalhos futuros repetir o experimento com um número de repetições maiores a fim de analisar se há uma confiabilidade tendo um espaço amostral maior; analisar em laboratório a eficiência de remoção do paracetamol em concentrações maiores e em condições ambientais aeradas, para verificar se as condições são favoráveis para maiores concentrações.

## REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. 2021. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2021**. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io> Acesso em: 09 de abril de 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn0](http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn0) Acesso em: 09 de abril de 2022.

APHA; AWWA; WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23. ed. Washington D.C, 2017.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; ISIQUE, W.D.; TORRES, N. D.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L.; VALÉRIO-FILHO, W. V.; FERREIRA, L. D. R. 2017. **Ocorrência de diclofenaco e naproxeno em água superficial no município de Três Lagoas (MS) e a influência da temperatura da água na detecção desses anti-inflamatórios**. Engenharia sanitária ambiental, 22 (03), p. 429-435. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017128719>

AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. 2013. **Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão de literatura**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 18 (3), p.187-204. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300002>

BISOGNIN, R. P.; WOLFF, D. B.; CARISSIMI, E. 2018. **Revisão sobre fármacos no ambiente**. DAE, 66 (abr./jun. 2018), p. 78-95. doi: : <https://doi.org/10.4322/dae.2018.009>

BRANCO, O. 2006. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2012/04/Disponibilidade-Hídrica.pdf>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

CEARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente. **Resolução nº 02, de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe Sobre Padrões e Condições para lançamento de Efluentes Líquidos Gerados por Fontes Poluidoras, Revoga as Portarias SEMACE N°154, de 22 de julho de 2002 e N°111, de

05 de abril de 2011, e Altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, CE, 21 fev. 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

CETECIOGLU, Z., INCE, B., GROS, M., RODRIGUES-MOZAZ, S., BARCELÓ, D., ORHON, D., INCE, O. 2013. **Chronic impact of tetracycline on the biodegradation of an organic substrate mixture under anaerobic conditions**. Water Research 47, p. 2959–2969. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.053>

CETECIOGLU, Z., INCE, B., GROS, M., RODRIGUES-MOZAZ, S., BARCELÓ, D., INCE, O., ORHON, D. 2015. Biodegradation and reversible inhibitory impact of sulfamethoxazole on the utilization of volatile fatty acids during anaerobic treatment of pharmaceutical industry wastewater. Science of the Total Environment 536, p. 667–674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.139>

CHANG, C.Y., CHANG, J. S., VIGNESWARAN, S., KANDASAMY, J. 2008. **Pharmaceutical wastewater treatment by membrane bioreactor process – a case study in southern Taiwan**. Desalination 234, p. 393 – 401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.09.109>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018. **Contaminantes emergentes podem ser uma ameaça na água para consumo humano**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32796742/contaminantes-emergentes-podem-ser-uma-ameaca-na-agua-para-consumo-humano>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

GEISSEN, V.; MOL, H.; KLUMPP, E.; UMLAUF, G.; NADAL, M.; VAN DER PLOEG, M. VAN DE ZEE, S. E. A. T. M.; RITSEMA, C. J. 2015. **Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management**. International Soil and Water Conservation Research, 3, p. 57-65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.002>

GUERRA, Emanuele Diógenes, **Avaliação da influência do ferro e do sulfato na degradação de paracetamol em reatores biológicos anaeróbios**. Caruaru (PE), 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – ASCES/UNITA.

GROSSELI, Guilherme Martins, **Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto Aeróbia e Anaeróbia**. São Carlos (SP), 2016. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) - Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento. Abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2021.

KLEYWEGT, S.; PILEGGI, V.; LAM, Y. M.; ELISES, A.; PUDDICOMB, A.; PURBA, G.; CARO, J.; FLETCHER, T. 2016. The contribution of pharmaceutically active compounds from healthcare facilities to a receiving sewage treatment plant in Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35 (4) p. 850-862. doi: <https://doi.org/10.1002/etc.3124>

LANCHOTE, V., BONATO, P., CERDEIRA, A., SANTOS, N., CARVALHO, D., GOMES, M..2000. **HPLC screening and GC-MS confirmation of triazine herbicides residues in drinking water from sugar cane area in Brazil**. *Water, Air and Soil Pollution* 118, p. 329–338. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1005147405509>

LIMA, D., TONUCCI, M., LIBÂNIO, M., AQUINO, S. 2017. **Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção**. *Engenharia Sanitária Ambiental* 22 (6) p. 1043-1054. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017165207>

MARTINS, J. & MONTAGNER, C. 2018. **Dos Predadores Pré-Históricos aos Contaminantes Emergentes Atuais: Uma História de Ameaças à Humanidade**. *Revista Virtual Química*, 10 (6). Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br>

MELO, A., NEPOMUCENO, C., SOUZA, L., SILVA, K. 2018. **Influência do ferro e do sulfato na biodegradabilidade do paracetamol em meio anaeróbico**. XIV SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária E Ambiental, Foz do Iguaçu (PR) II-131.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. Cartilha para a promoção do uso racional de medicamentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em:

[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cartilha\\_promocao\\_uso\\_racional\\_medicamentos.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cartilha_promocao_uso_racional_medicamentos.pdf). Acesso: 24 de junho de 2021.

MONTAGNER, C., VIDAL, C., ACAYABA, R. 2017. **Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios**. Química Nova, 40 (9), p. 1094-1110. doi: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>

NG, W., MIRANDA, G., SIVADAS, M. 1989. **Biological treatment of a pharmaceutical wastewater**. Biological Wastes 29, p. 299-311. doi: [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(89\)90021-9](https://doi.org/10.1016/0269-7483(89)90021-9)

OKTEM, Y., INCE, O., SALLIS, P., DONNELLY, T., KASAPIGIL, I., INCE, B. 2008. Anaerobic treatment of a chemical synthesis-based pharmaceutical wastewater in a hybrid upflow anaerobic sludge blanket reactor. Bioresource Technology 995, p. 1089-1096. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.02.036>

OWEN, W., STUCKEY, D, HEALY JR., J., YOUNG, L., MCCARTY, P. 1979. **Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity**. Water Research. 13, p. 485-492. doi:[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(79\)90043-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90043-5)

PONCE, F., ROLLEMBERG, S. OLIVEIRA, A. 2019. **Aplicação da análise de confiabilidade para avaliação de estações de tratamento de esgoto no estado do Ceará**. Revista Tecnologia.40 (2), p. 1-17. doi:<https://doi.org/10.5020/23180730.2019.8971>

REIS FILHO, R. W.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; VIEIRA, E. M. 2007. **Poluentes Emergentes como Desreguladores Endócrinos**. Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology, 2 (3), p. 283-288. doi: 10.5132/jbse.2007.03.012

ROSAL, R.; RODRÍGUEZ, A.; PERDIGÓN-MELÓN, J. A.; PETRE, A.; GARCÍA-CALVO, E.; GÓMEZ, M. J.; AGÜERA, A.; FERNÁNDEZ-ALBA, A. R. 2010. **Occurrence of emerging pollutants in urban wastewater and their removal through biological treatment followed by ozonation**. Water Research, 44 (2), p. 578–588. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.07.004>

STUMPFA,M., HABERERA, K., RODRIGUES, S., BAUMANN,W. 1998.**Organic Residues in Lake and Drinking Water from the Lagoa de Juturnaíba (Região dos Lagos - RJ, Brazil)**. Sociedade Brasileira Química, 8 (5), p. 509 – 514. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-50531997000500012>

STUMPFA,M., TERNES, T., RODRIGUES, S., BAUMANN,W. 1999. **Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil**. Science of the Total environment. 225, p. 135-141. doi: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00339-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00339-8)

OLIVEIRA, S. & VON SPERLING, M. 2007. **Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Engenharia Sanitária Ambiental. 12 (4), p. 389-398. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000400005>

WALLENSTEEN, P. & SWAIN, A. *International Fresh Water Resources: Conflict or Cooperation*. 1 ed. Stockholm, Sweden. 1997.

ZIYLAN, A. & INCE, N. 2011. The occurrence and fate of anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals in sewage and fresh water: treatability by conventional and non-conventional processes. *Journal of Hazardous Materials* 187, p. 24-36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.057>

CAROLINE ISABELE NEPOMUCENO

**AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DO PARACETAMOL EM UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO EM ESCALA REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Saneamento Ambiental

Aprovado em 23 de maio de 2022.

---

Prof. Dra. Sc. Kenia Kelly Barros (Orientadora)  
Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dra. Sc. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves (Avaliadora)  
Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. M. Sc. Devson Paulo Palma Gomes (Avaliador)  
Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)