

## **INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE MICROPOLUENTES NA ÁGUA NO ORGANISMO HUMANO**

Gabriel de Oliveira Ferreira<sup>1</sup>

Leonardo de Figueiredo Vilela<sup>2</sup>

### **Resumo**

Nos dias atuais, é notável o crescimento em relação ao interesse voltado para a temática dos compostos emergentes, principalmente quando levado em consideração a possibilidade destes desempenhar um papel fundamental na saúde humana. Tais substâncias são advindas de diversas fontes e podem se disseminar no meio ambiente através de diversos meios, sendo um dos principais a água, que por sua vez é um elemento abundante, largamente utilizado e fundamental para a vida. Pouco se conhece sobre os compostos emergentes e suas consequências no organismo. São milhares de substâncias e poucas são regulamentadas evidenciando um verdadeiro problema de saúde pública. Através das informações coletadas, foi possível observar a insuficiência de pesquisas voltadas para a exposição crônica destes compostos e a necessidade de regulamentação dos mesmos. A metodologia utilizada para a elaboração deste artigo foi a realização de uma revisão descritiva e teórica de artigos, livros, revistas, e outros, encontrados em acervos digitais disponíveis em bases de dados nacionais e internacionais, tendo este trabalho como objetivo o conhecimento a respeito desta temática e decorrer através dos principais grupos de compostos emergentes, promovendo uma relação dos mesmos com a saúde humana.

**Palavras-chave:** Compostos emergentes. Desreguladores endócrinos. Interferentes.

---

<sup>1</sup>Graduado em Biomedicina pelo UGB/FERP.

<sup>2</sup>Doutor em Bioquímica pela UFRJ.

## INFLUENCE OF THE PRESENCE OF MICROPOLLUTANTS IN WATER ON THE HUMAN BODY

### Abstract

These days, it is remarkable the growth in relation to the interest focused on the theme of emerging compounds, especially when taken into consideration the possibility of these playing a fundamental role in human health. Such substances come from several sources and can spread to the environment through various means, being one of the main the water, which in turn is an abundant element, long used and fundamental to life. Little is known about the emerging compounds and their consequences in the body. There are thousands of substances and few are regulated showing a real public health problem. Based on the information collected, it was possible to observe the insufficiency of researches directed to the chronic exposure of these compounds and the need to regulate them. The methodology used for the elaboration of this article was the realization of a descriptive and theoretical revision of articles, books and magazines, and others, found in digital collections available in national and international databases, having this work as an objective the knowledge about this subject and take place through the main groups of emerging compounds, promoting their relationship with human health.

**Keywords:** Emerging compounds. Endocrine disrupters. Interfering.

### Introdução

Nos primórdios para determinar a escolha de uma fonte hídrica a fim de estabelecer uma civilização, ou até mesmo apenas para o consumo, eram levados em consideração os aspectos físicos da água, sendo observadas características como odor, aparência e cor, porém, com o passar dos anos e o avanço dos estudos a respeito da qualidade da água, o ser humano reconheceu que apenas essas observações não eram suficientes (CEBALLOS, B. *et al.*, 2009).

A água, foi o local onde a vida que conhecemos surgiu, tornando o ser vivo diretamente dependente dela. É a substância mais abundante e fundamental para

nosso organismo, visto que, quase todas as biomoléculas se estruturam a partir das propriedades físico-químicas da água, proporcionando então a execução de suas determinadas funções. Logo, tais propriedades são extremamente essenciais, pois a partir delas que as células desempenham seus papéis estruturais e funcionais (CARMONA *et al.*, 2016). No entanto, por conta das crescentes agressões ao meio ambiente e pelo crescimento populacional, a qualidade e quantidade deste recurso tem sido afetada, se tornando escassa no planeta em que vivemos. (MARINOSKI; GHISI, 2018).

É composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio e pode ser encontrada em diferentes estados físicos (sólido, líquido ou gasoso) (SZIKSZAY, 1993). Desempenha funções como regulação de temperatura, diluição de sólidos, transporte de nutrientes e resíduos pelo corpo, entretanto é necessário que a água tenha um padrão de qualidade para que não haja injúrias à saúde humana e aos outros seres vivos que estão em contato direto com ela (APARECIDA *et al.*, [s.d.]).

Está presente nos rios, nos lagos, nos mares, nos oceanos, nas calotas polares e ocupa mais de 70% da superfície terrestre sendo 99% deste valor correspondendo aos oceanos, geleiras e a umidade do solo e do ar. A água doce disponível no planeta corresponde a 3% da água total, sendo 2% deste valor estando na calota glacial em estado sólido, restando apenas 1% de água doce no estado líquido abrangendo rios, lagos e as águas subterrâneas. Deste 1% de água doce disponível, 10% está em território brasileiro (GOMES; CLAVICO, 2005).

Compõe cerca de 60% do corpo humano e para manter os níveis saudáveis devem ser ingeridos diariamente diversos compostos, como por exemplo os alimentos e a própria água (JEQUIER, E.; CONSTANTE, E. 2009). Tais compostos passam por processos metabólicos no nosso organismo e posteriormente são eliminados e encaminhados para a rede de esgoto, além disso, existe também o descarte incorreto deles, o que de fato, é uma outra problemática (TERNES, 1998).

Ao chegar nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) muitas vezes não recebe o tratamento necessário, por conta das limitações que as tecnologias

convencionais de tratamento apresentam (DE CARVALHO et al., 2009), fazendo com que siga com a presença (ainda que em pequenos traços) de substâncias, que podem causar efeitos adversos significativos no organismo humano, principalmente em infantes (LIMA *et al.*, 2017).

Essas substâncias são conhecidas como contaminantes ou poluentes emergentes e trata-se de diferentes tipos de compostos possivelmente tóxicos, advindos tanto de origem humana (como efluentes domésticos, hospitalares, agrícolas e outros) quanto natural (como algumas plantas), que tem seu efeito não muito conhecido e sua eliminação, geralmente, ocorrendo no meio ambiente e por apresentarem características como por exemplo a volatilidade e a persistência se disseminam em larga escala (MARTY; MOREIRA; SIM, 2011)(MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017).

Por serem milhares, muitas dessas substâncias não estão previstas na legislação e não possuem um monitoramento rotineiro, promovendo assim uma exposição crônica, em especial pelas matrizes aquáticas. Ainda que em pequenas quantidades como citado anteriormente deve ser dada a devida importância a tal assunto por conta de características como o potencial de bioacumulação e a ecotoxicidade, que acarreta a danos indeterminados as futuras gerações.(MARTY; MOREIRA; SIM, 2011)(MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017)

Esta pesquisa tem como objetivo geral evidenciar a influência que as substâncias emergentes podem apresentar no organismo humano após uma contínua exposição e como objetivos específicos através de uma análise da literatura identificar e conceituar as propriedades da água, identificar e conceituar substâncias emergentes e relacionar tais substâncias com a homeostase corporal.

## Justificativa

Segundo Peter D. Sly *et al.* existem progressivos indicadores de que a exposição a compostos químicos nos primeiros anos da vida pode causar no futuro alguma doença crônica como por exemplo a diabetes, doenças cardiovasculares e até mesmo câncer, entretanto o período de latência entre a exposição e a manifestação no organismo, assim como, a complexidade que envolve o surgimento de uma doença crônica são fatores não muito conhecidos e que dificultam a análise da origem das doenças que estão relacionadas a exposição a compostos químicos. (SLY *et al.*, 2016) (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS), 2018)

O chumbo, por exemplo, associado ao desenvolvimento infantil pode causar uma piora no desenvolvimento neurológico, pode também aumentar as possibilidades de transtorno de déficit de atenção e deficiência intelectual, já os agrotóxicos são relacionados a doença de Parkinson e existem também outras hipóteses relacionadas com transtornos mentais, comportamentais e neurológicos, contudo são poucos as evidências. (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS), 2016)

Logo, conhecer o tempo de latência e tudo que está associado a estes processos é de extrema relevância para o entendimento de como diminuir ou acabar com a exposição e sucessivamente o desenvolvimento de doenças no futuro (SLY *et al.*, 2016) (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS), 2018). Diante disso, este projeto de pesquisa busca a conscientização acadêmica e social das possíveis consequências causadas pelo contato/exposição entre contaminantes e o organismo.

## **Metodologia**

A metodologia utilizada para construção deste projeto foi baseada em uma revisão descritiva e teórica, com consultas em acervo digital disponível em bases de dados nacionais e internacionais. Foi realizado um levantamento de artigos, teses, livros e revistas e as bases de dados utilizadas foram PubMed, Scielo e Google Acadêmico.

As pesquisas foram realizadas a partir do dia três de setembro de dois mil e dezenove e foi utilizado como critérios de inclusão as frases e palavras chaves interferentes endócrinos, compostos, contaminantes e substâncias emergentes, desreguladores, descarte de medicamentos e propriedades da água e como critérios de exclusão artigos que não tinham relação com o tema proposto.

## **Contexto histórico**

A tecnologia é um fator diretamente ligado ao desenvolvimento da sociedade e é comum que períodos históricos sejam referidos com base no nível tecnológico dominante, como por exemplo a Idade da Pedra. Outros momentos que foram muito importantes para a tecnologia e o desenvolvimento humano foram a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, que a partir do surgimento de tais conflitos a corrida tecnológica passou a ser dedicada a isto. No período da Primeira Guerra Mundial exemplos de aplicações tecnológicas foram: a produção de ácido nítrico, utilizado para produzir nitroglicerina e dinamite e a produção de amônia a partir do nitrogênio atmosférico, sendo estes aplicados em escala mundial. Posteriormente a Segunda Guerra Mundial, houve um novo início de um acelerado período tecnológico marcado pelas atividades industriais e pelo uso e produção descontrolada de pesticidas, como o diclorodifeniltricloroetano (DDT). (SODRÉ, Fernando Fabríz, 2012)

Logo, com o aumento das atividades produtivas e o aumento da população,

houve conseqüentemente um aumento dos resíduos e das práticas sociais que deterioravam o meio ambiente, aumentaram a desigualdade social e explicitaram os problemas político-administrativos (TORRES, 2016). Então a partir de 1950, teve início a produção e distribuição em larga escala de produtos alimentícios e farmacêuticos, entretanto os dados toxicológicos eram indefinidos e preocupantes e não havia controle com relação ao destino e aos resíduos deles. Em 1962, a bióloga Rachel Carson, discutiu em um livro publicado por ela os impactos do DDT sobre as aves nos EUA, que acabou assim dando início a um novo período tecnológico caracterizado pelas pesquisas a respeito da distribuição e os impactos das novas substâncias. Na década de 70, a comunidade acadêmica começou a se dedicar a pesquisas relacionadas à presença de contaminantes antropogênicos no meio ambiente, que acabou evidenciando que muitos fármacos e seus metabólitos poderiam aparecer no meio ambiente em concentrações-traço. (SODRÉ, Fernando Fabriz, 2012)

As pesquisas destinadas aos compostos emergentes, tiveram início no Brasil em 1995, quando Lanchote e sua equipe apontaram a presença de pesticidas da classe das triazinas no córrego Espreado (situado em Ribeirão Preto - SP), após foram realizadas diversas outras importantes pesquisas, como as de Stumpf e sua equipe na Lagoa de Juturnaíba (situada na Região dos Lagos - RJ), que identificaram a presença de diversos pesticidas e subprodutos de processo de desinfecção de água presente na água distribuída a população advinda da mesma lagoa e outra pesquisa que tinha o intuito de identificar fármacos e hormônios nas águas superficiais da Bacia do Rio Paraíba do Sul (RJ) e estudar a remoção dos mesmos nas ETE's. (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017)

Atualmente as informações a respeito do abastecimento público, do cenário referente aos corpos hídricos e das fontes de contaminação da água são escassas, além disso, muitos estados não possuem uma eficaz fiscalização, fazendo com que projetos voltados para a prevenção e combate à poluição e aos impactos nocivos destes à saúde sejam inviabilizados, porém o Ministério da saúde tenta remediar tal

situação promovendo estudos referentes à contaminação da água destinada ao consumo. O Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água Para Consumo (VIGIAGUA), é um exemplo de instrumento que cria um panorama e acompanha o progresso das condições referentes ao abastecimento de água. Outro programa também importante é o SISAGUA (Sistema de Informação sobre a Qualidade da Água para Consumo Humano), onde são registradas informações relacionadas a qualidade da água distribuída à população, e a partir disso os níveis obtidos referente aos contaminantes químicos são analisados e notificados às Secretarias Municipais de Saúde no mínimo uma vez por semestre.(MARCELA *et al.*, 2004)

### **Substâncias emergentes**

As discussões a respeito dos contaminantes emergentes teve seu destaque a partir da década passada e desde então vem sendo abordada de diversas formas pelos pesquisadores de todo o mundo. São substâncias identificadas como micropoluentes e trata-se de produtos usados no cotidiano como: produtos farmacêuticos, produtos de higiene pessoal, plastificantes, entre outros, podendo citar entre estas categorias e em muitas outras: os hormônios naturais, ftalatos, subprodutos industriais, drogas ilícitas, pesticidas, surfactantes etc. (NAPOLEÃO, 2011)(MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017)

Segundo Santana (2013), os contaminantes emergentes são definidos da seguinte maneira: “uma substância ou um microrganismo cuja ocorrência ou relevância no ambiente foi constatada recentemente, sendo que seus efeitos ainda permanecem incertos” (SANTANA, 2013).

Segundo a Agência de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) como:

uma substância química, de ocorrência natural ou antrópica, ou qualquer microrganismo que não é normalmente controlado no meio, mas que tem potencial para entrar no ambiente e causar efeitos adversos ecológicos e (ou) sobre a saúde humana, sendo esses efeitos conhecidos ou suspeitos (USGS, 2012).

E uma outra definição é citada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), sendo de relativa importância por conta da fonte e pelo foco dado às legislações pertinentes:

Contaminante emergente é um composto químico ou material caracterizado por uma suspeita, potencial ou real ameaça à saúde humana e (ou) ao meio ambiente, ou caracterizado pela escassa publicação de padrões de potabilidade. Um contaminante pode também ser declarado emergente devido à descoberta de uma nova fonte ou uma nova rota de transmissão ao homem (USEPA, 2014).

Os compostos emergentes são contaminantes não regulamentados que quando estudados, dependendo dos resultados a respeito do efeito no organismo e no meio ambiente, sua toxicidade e quanto aos dados referentes a ocorrência no ambiente se tornam candidatos a possíveis regulamentações. A expressão “compostos emergente” pode também ser destinada a contaminantes recém inseridos no ambiente (como um medicamento que foi recém aprovado e devido ao uso é introduzido no ambiente) ou até mesmo contaminantes que já estão no ambiente há algum tempo e sua presença foi detectada recentemente. Contaminantes convencionais e legislados também podem ser definidos como “emergentes” de acordo com uma nova ocorrência, um novo destino ou então um novo efeito adverso (GAFFNEYA *et al.*, 2014).

## Fontes e destinos

Os compostos emergentes entram no meio ambiente de diferentes formas, podendo ser de forma pontual sendo esta facilmente reconhecida, como: estação de tratamento de efluente, entrada do efluente in natura na matriz aquática, descarte do composto inalterado (como medicamentos que são descartados de forma incorreta e chegam nos efluentes com altas concentrações) e contaminação através do efluente de indústrias e hospitais. E de formas difusas, estando essa mais relacionadas ao escoamento superficial de águas pluviais e através de lixiviação, ambos em áreas maiores. Outro fator determinante, é que a forma que os contaminantes se disseminam e as concentrações presente no ambiente é específica de cada país por conta de diversos fatores, como a regulamentação, o padrão de uso, a utilização de medicamentos, se existe ou não indústrias, fatores climáticos, fatores sociais, a forma que são tratados os efluentes, o potencial de diluição das águas, entre muitos outros. (MIZUKAWA, 2016)

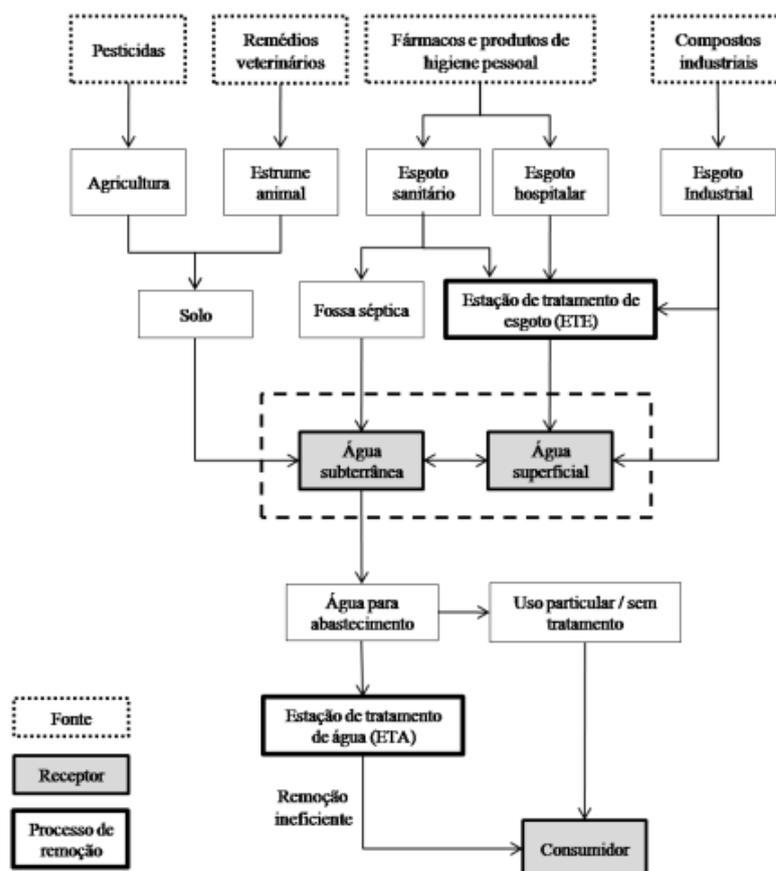
O esgoto industrial é mais facilmente controlado, por que geralmente as indústrias possuem suas próprias estações de tratamento, que desempenham o papel de converter os contaminantes gerados em compostos inofensivos ou em níveis estabelecidos pela legislação (PESCARA, 2014). Os fármacos, hormônios, drogas de abuso e produtos de higiene são a principal fonte de contaminação das estações de tratamento de esgoto (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017), tendo o esgoto doméstico uma maior dificuldade de controle em relação às substâncias eliminadas por causa do seu tamanho. O esgoto que foi encaminhado para as ETE's passa por tratamento com o objetivo de diminuir os níveis dos contaminantes, a partir disso o efluente líquido obtido é lançado nas águas superficiais e o resíduo sólido é lançado em aterros sanitários (PESCARA, 2014).

O solo contaminado pode atingir águas superficiais pelo escoamento na superfície do solo e águas subterrâneas pela infiltração dos compostos. O lançamento dos efluentes das ETE é observado como a mais relevante forma de contaminação

das matrizes aquáticas. Partindo para o abastecimento populacional, 40% dos municípios brasileiros são abastecidos com águas obtidas de mananciais impactados por diversos tipos de contaminantes, como por exemplo o esgoto doméstico, despejo industrial e hospitalar e o descarte impróprio de lixo, se for levado em consideração a ineficiência dos tratamentos usados nas ETE's, é possível concluir que existe determinada exposição da população a substâncias tóxicas (PESCARA, 2014).

Mesmo com as informações existentes, os fatores que estão relacionados desde a produção até a degradação das substâncias ainda não são muito conhecidos. A figura abaixo representa as principais fontes e destinos dos compostos emergentes no ambiente.

Figura 1. Principais fontes e destinos dos compostos emergentes no meio ambiente



Fonte: (GROSSELI, 2016).

## Tipos e quantidades

Existem diversos tipos de substâncias emergentes estando essas incluídas em diferentes classes, entretanto, não existe uma classificação formal. Elas são divididas muitas vezes de acordo com sua utilização ou de acordo com sua função. A tabela a seguir mostra algumas das principais classes de compostos emergentes em função de seus usos, citando também exemplos de substâncias (SANTANA, 2013).

Tabela 1. Principais classes dos compostos emergentes em função de seus usos

| Classe                      | Exemplo de substâncias | Uso                   |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Fármacos                    | Cafeína                | Estimulante           |
|                             | Atenolol               | Anti-hipertensivo     |
|                             | Carbamazepina          | Antiepiléptico        |
|                             | Codeína                | Analgésico            |
|                             | Fluoxetina             | Antidepressivo        |
|                             | Amoxicilina            | Antibiótico           |
| Produtos de higiene pessoal | DEET                   | Repelente de inseto   |
|                             | Triclosan              | Agente antimicrobiano |
|                             | Isoborneol             | Fragrância            |
|                             | Galaxolide             | Fragrância            |
| Hormônios                   | Estrona                | Hormônio reprodutivo  |
|                             | Estradiol              | Hormônio reprodutivo  |
|                             | Estriol                | Hormônio reprodutivo  |
|                             | Progesterona           | Hormônio reprodutivo  |
|                             | Dietilestilbestrol     | Antineoplásico        |
|                             | Levonorgestrel         | Anticoncepcional      |
|                             | Mestranol              | Anticoncepcional      |
|                             | Testosterona           | Hormônio reprodutivo  |
| Plastificantes              | Etinilestradiol        | Anticoncepcional      |
|                             | Bisfenol A             | Plastificante         |
|                             | Dietilftalato          | Plastificante         |
| Pesticidas                  | Di-2-etilhexilftalato  | Plastificante         |
|                             | Metolaclo-ro           | Herbicida             |
| Surfactantes não iônicos    | Atrazina               | Herbicida             |
|                             | Nonilfenol             | Surfactante           |
|                             | Octilfenol             | Surfactante           |

Fonte: (SANTANA, 2013)

## Fármacos

Os produtos farmacêuticos pertencem a um conjunto de composto que são utilizados para saúde pessoal, abrangendo medicamentos terapêuticos, fitoterápicos, produtos biotecnológicos, entre muitos outros (NARVAEZ; JIMENEZ, 2012). Esta classe de compostos emergentes, é a mais estudada em todo o mundo pelo fato de serem lançados no meio ambiente regularmente em abundância e pelo fato de nos últimos anos ter ocorrido um expressivo aumento no consumo de medicamentos, em especial os que são vendidos sem prescrição médica, como antitérmicos e analgésicos (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017) e desde então, muitos destes produtos são encontrados no meio ambiente com o auxílio de técnicas analíticas que são capazes de detectar concentrações mínimas (RAIMUNDO, 2007).

Após a administração, muitos fármacos passam por transformações resultando em diversos metabólitos que são excretados pela urina e fezes resultando em uma mistura que contém o fármaco que não foi metabolizado pelo organismo e os metabólitos (RAIMUNDO, 2007). Muitos deles podem sofrer o processo de bioacumulação por apresentarem características como a persistência e por serem lipofílicos (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017) aumentando cada vez mais seus níveis no meio ambiente.

Em 2012, foi relatado de estar entrando aproximadamente 500 toneladas por ano de analgésico no meio ambiente, o ácido acetilsalicílico (AAS) e o ácido diclofenaco foram identificados em concentrações de 0,22 e 3,02 mg/L, em diferentes efluentes na Espanha, Itália, Alemanha, Canadá, Brasil, Grécia e França. Outra problemática existente é a entrada de antibióticos no sistema de esgoto, que promove a formação de organismos resistentes, como *Aeromonas*, *Salmonella*, *Escherichia*, *Pseudomonas* e *Staphylococcus*, entre outros. Além disso, a suspensão da atividade enzimática dos microrganismos presentes na água compromete o metabolismo e a biodegradação de matéria orgânica, que acarreta uma maior dificuldade na descontaminação da água, fazendo com que exista a possibilidade dos compostos

originais e degradados entrarem nos corpos d'água e na água potável (NARVAEZ; JIMENEZ, 2012).

Existem três possibilidades para os fármacos nas estações de tratamento, sendo a primeira a biodegradação, como por exemplo o AAS, a segunda a possibilidade de sofrer algum processo metabólico ou ser parcialmente degradado, como por exemplo o ibuprofeno, e a terceira possibilidade o fármaco ser persistente, como por exemplo o diclofenaco. As informações a respeito dos fármacos no meio ambiente ainda são insuficientes (RAIMUNDO, 2007) entretanto é de conhecimento que as principais fontes são: a excreção humana, águas residuais da indústria farmacêutica, efluentes de hospitais, descarte inadequado de medicamentos e descarte de resíduos de pesquisa e desenvolvimento de medicamentos (NARVAEZ; JIMENEZ, 2012).

### **Produtos de cuidado pessoal**

Os produtos de cuidados pessoais (PCP's) são produtos que em sua composição possuem determinadas substâncias químicas que desempenham funções como determinação de odor, aparência, textura, entre outros e como exemplos destes produtos podemos citar xampus, cremes, fragrâncias, protetores solares, repelentes etc. Em geral os PCP's não são destinados à ingestão, sendo aplicados diretamente no corpo (HOUTMAN, 2010). Muitos destes tem uma composição lipídica e oleosa, sendo comum entre eles uma elevada lipofilicidade (FERREIRA, 2011).

São observados frequentemente no meio ambiente, sendo identificados em águas superficiais, subterrâneas e até mesmo água potável e tem sua disseminação através dos efluentes de tratamento de esgoto (FERREIRA, 2011). Tem como fontes principais as indústrias, a disposição de resíduos sólidos e principalmente o esgoto doméstico através de banhos, lavagens, processos de limpeza, atividades recreativas

como natação e banho de sol etc (HOUTMAN, 2010). Sendo estes compostos muitas vezes persistentes e lipofílicos, podem acumular em lodos de esgoto, que muitas vezes é utilizado como fertilizante podendo representar outra fonte de entrada no meio ambiente (FERREIRA, 2011).

Um exemplo de PCP que já teve sua presença atestada em ambiente aquático é o DEET (N,N-dietil-meta-toluamida), sendo este um repelente de inseto. Ele tem sua absorção pela pele em valores inferiores à 20%, sendo metabolizado ou excretado e tem sua entrada no meio ambiente através da higienização ou excreção. Uma pesquisa realizada por Kolpin et al. (2002) em 139 rios norte-americanos detectou a presença de DEET em concentração média e máxima de 60 ng/L e 1,1 µg/L respectivamente e outra pesquisa realizada por Weigel *et al.* (2002), encontrou o DEET em água superficial em uma concentração máxima de 1,09 ng/L sendo este realizado em diferentes pontos do Mar do Norte (SANTANA, 2013).

## Plastificantes

Os plastificantes são compostos utilizados em materiais como plásticos, argila, gesso, entre outros, eles pertencem às classes de ésteres de alquila, sulfonatos de naftaleno e muitos outros. Eles são utilizados na melhora de propriedades reológicas e são considerados desreguladores endócrinos (SOUZA, 2016). As aplicações dos plastificantes são: filmes alimentícios, mangueiras, laminados, brinquedos, calçados entre muitos outros. Sendo os ftalatos de maior uso mundial, porém alguns tem seu uso restrito por poderem apresentar potencial carcinogênico (VIEIRA, 2017).

Um importante plastificante que é amplamente estudado e recorrentemente detectado nos efluentes aquáticos é o Bisfenol A, que anteriormente era sintetizado como estrogênio artificial (SOUZA, 2016) e hoje em dia é utilizado em processos industriais como na produção de resina epóxi, retardantes de chama, monômero na produção de policarbonato, entre outros (VIEIRA, 2017).

O conhecimento a fundo desta classe é de extrema importância pois o mesmo pode atuar influenciando na síntese, transporte, secreção, ação, ligação ou eliminação de hormônios naturais do corpo (SOUZA, 2016) e o lançamento deste composto no meio ambiente ocorre principalmente através dos efluentes das estações de tratamento que podem remover até 98% dessa substância (VIEIRA, 2017).

## **Pesticidas**

O aumento populacional e o crescimento na demanda de alimentos motivou o aumento no uso de pesticidas nas plantações objetivando uma maior produtividade (SANCHES *et al.*, 2003). Pesticidas, herbicidas, fungicidas, inseticidas, reguladores de crescimento e desfolhantes são tópicos preocupantes em relação a qualidade da água, tendo como principais fontes de contaminação o uso na prática agrícola e a emissão industrial durante sua produção, podendo ser disseminados após a aplicação no campo através do escoamento, drenagem e lixiviação (HOUTMAN, 2010).

Logo após a Segunda Guerra Mundial, a inserção de pesticidas apolares e persistentes, como o DDT, tornou possível uma maior produção de alimentos dando segurança na plantação e colheita, entretanto, a bioacumulação do mesmo teve diversas consequências ao meio ambiente, como por exemplo quando foi citado em 1962 no livro de Rachel Carson a forma que as aves eram afetadas por ele (HOUTMAN, 2010).

Existem quatro classes toxicológicas que dividem os pesticidas, sendo a classe I a que abrange os compostos considerados altamente tóxicos ao ser humano (rótulo vermelho), a classe II que abrange os que são intermediários (rótulo amarelo), a classe III que abrange os que são pouco tóxicos (rótulo azul) e a classe IV que estão os compostos considerados não tóxicos para os seres humanos (rótulo verde). Além disso eles podem ser classificados quanto a sua finalidade, podendo ser aficida, ovicida, larvicida, formicida, acaricida, inseticida etc. Quanto ao modo de ação,

podendo ser fumegante, contato, microbiano etc. Quanto a origem, podendo ser classificados em compostos inorgânicos, como bário, enxofre e cobre, em origem vegetal, bacteriana e fúngica, como os antibióticos e fitocidas, e os pesticidas orgânicos caracterizados por apresentar átomos de carbono em sua estrutura, sendo esta última classe (pesticidas orgânicos) o maior grupo de produtos de alta atividade fisiológica (SANCHES *et al.*, 2003).

Um exemplo de pesticida que é largamente utilizado é o herbicida Atrazina que é muito utilizado em cultivo de cana-de-açúcar e milho, e possui registro para a utilização em outras 5 culturas: abacaxi, pinus, seringueira, sisal e sorgo. Em 2009 a venda total de Atrazina chegou a 8180 toneladas, sendo o Mato Grosso o maior consumidor neste mesmo ano. Ela é um potencial interferente endócrino e é um dos poucos contaminantes emergentes com legislação para concentração no ambiente, podendo apresentar potencial carcinogênico. O valor médio permitido (VMP) para esta substância é de 2 µg/L para água doce e não possui um VMP para águas salinas. Um estudo realizado por Nogueira *et al.* em 2012 na região do Mato Grosso encontrou Atrazina em concentrações de até 9,3 e 18,9 µg/L em águas superficiais e subterrâneas, respectivamente (SANTANA, 2013).

### **Interferentes endócrinos**

O sistema endócrino juntamente com o sistema nervoso, regula as funções fisiológicas no organismo humano, sendo o sistema nervoso responsável pela comunicação por impulsos elétricos ao longo de circuitos nervosos e celulares e o sistema endócrino responsável por transportar de uma maneira mais difusa as informações através da circulação sanguínea entre os tecidos, através dos hormônios. Hormônios esses produzidos e secretados por glândulas endócrinas, que estão dispostas por todo o corpo, na circulação sanguínea auxiliando na atividade funcional de outras células de maneira específica podendo ser de maneira excitatória ou

inibitória (RAIMUNDO, 2007).

Segundo USEPA, um interferente endócrino (IE) é classificado como “*um agente exógeno que interfere na síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação de hormônios naturais que são responsáveis pela manutenção da homeostase, reprodução, desenvolvimento e/ou comportamento*” (SODRÉ, Fernando F. *et al.*, 2007), agindo este especificamente no sistema endócrino podendo desempenhar funções diversas, como imitar um hormônio natural se ligando a sítios receptores e enviando mensagens aos genes que respondem gerando uma reação de atividade em cadeia alterando as funções biológicas, também podem atuar incentivando ou impedindo a produção de hormônios ao ocuparem os sítios receptores, também podem por meio da inativação de enzimas responsáveis pela decomposição de hormônios promover um acúmulo do mesmo no organismo, e podem destruir ou modificar a estrutura de um hormônio natural impedindo que ele se ligue aos sítios receptores (RAIMUNDO, 2007).

As fontes de interferentes endócrinos no meio ambiente são diversas podendo surgir através dos efluentes das estações de tratamento de esgoto doméstico, industrial e hospitalar, derramamentos acidentais, lixiviação, descarte incorreto e diversas outras fontes (SIMÕES *et al.*, 2007). Na tabela a seguir estão alguns exemplos de substâncias classificadas como IE em função dos locais que são encontrados.

Tabela 2. Exemplos de interferentes endócrinos e locais encontrados

| <b>Interferentes endócrinos</b> | <b>Encontrado</b>                                      | <b>Exemplos</b>  |
|---------------------------------|--|--|
| Ftalatos                        | Plásticos, solventes (indústria de acetato e celulose) | dimetil ftalato (DMP), dietil ftalato (DEP), di-iso-butil ftalato (DIBP), etc; |
| Alquilfenóis                    | Plásticos e embalagens                                 | nonilfenol, octilfenol...  |
| Organoclorados                  | Inseticidas, PVC                                       | dibenzo-p-dioxina  |
| Bisfenol                        | Plásticos de policarbonato                             | bisfenol A   |
| Parabenos                       | Produtos cosméticos                                    | isobutilparabeno, butilparabeno...   |
| HPA                             | Petróleo e fumaça de cigarro                           | naftaleno, acenafteno...   |
| Metais pesados                  | Plásticos, tecidos e tintas                            | Cádmio, Mercúrio, Chumbo...  |
| Pesticidas                      | Plantas e frutas                                       | lindane, DDT, DDE, atrazina...   |
| PCB                             | Equipamentos eletrônicos                               | 2,4,4 – triclorofenil...   |
| Estrogênios Naturais            | Medicamentos   | estrona, 17 $\beta$ - estradiol  |

Fonte: (DA SILVA, 2011)

Um estudo realizado por Kidd *et al.* demonstra os efeitos da exposição crônica de um determinado IE inserido em matrizes aquáticas, neste estudo foi adicionado em lagos experimentais por três anos de 5 a 6 ng/L de 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2), no segundo ano foi observado que a população de peixes *fathead minnow* foi extinta, por conta de problemas no desenvolvimento do sistema reprodutivo dos peixes ocasionado pela exposição ao IE (PESCARA, 2014).

### **Relação das substâncias emergentes com o organismo humano**

As suspeitas voltadas para as possíveis ações dos compostos no organismo, teve início com base em uma observação a certos fenômenos ocorridos nas últimas décadas, como a velocidade de aumento de doenças endócrinas, então foi possível observar que não eram apenas os fatores genéticos os responsáveis por ocasionar

essas desordens. Entre as desordens podemos citar: desordens neurológicas associadas a disrupções na tireoide, baixa fertilidade no sêmen de jovens, disfunções em órgãos sexuais, taxas globais alarmantes de câncer, meninas com desenvolvimento precoce das glândulas mamárias (FILHO, 2014) além de outros problemas como: a resistência a antibióticos, distúrbios metabólicos, abortos espontâneos, indução a resistência em bactérias etc (SOUZA, 2016).

Com base nas desordens citadas anteriormente algumas características presentes nos compostos emergentes, como a acumulação, que permite o depósito nos tecidos e conseqüentemente o aumento da concentração; a persistência, que faz com que as substâncias demorem mais tempo para serem biodegradadas; a sinergia, que permite que as substâncias se misturem e se intensifiquem e a conjugação, que permite a ligação das substâncias a proteínas para facilitar a circulação, fazem com que sejam fatores importantes no estabelecimento no organismo (a partir de uma exposição crônica), interferindo na eliminação destes e tornando a mesma dificultada (VIEIRA, 2017), promovendo os efeitos citados no parágrafo anterior.

Um fator importante que deve ser levado em consideração quando se fala sobre estes efeitos, é que ainda que as concentrações destes compostos no meio ambiente sejam baixas, como  $\mu\text{g}$  e  $\text{ng}$ , a exposição aos mesmos é potencialmente perigosa e pode gerar alterações no sistema endócrino, sistema reprodutivo e diversos efeitos tóxicos que estão associados justamente a exposição às baixas concentrações destes (MACHADO, 2015), em contrapartida um fator agravante relacionado a esta categoria, é o fato de haver uma escassez de informações a respeito do assunto, sendo as pesquisas geralmente voltadas para uma análise individual de contaminantes e não levando em consideração o “efeito coquetel”, que diz respeito ao efeito simultâneo de diversos compostos, acarretando então um maior desconhecimento dos efeitos dos compostos emergentes no organismo e no meio ambiente como um todo, além disso segundo a OMS (2013) é possível que aproximadamente 800 compostos sejam capazes de interferir no sistema endócrino, sendo uma pequena parte desses que realmente é estudada, fazendo que se obtenha conhecimento a respeito de uma

irrelevante quantia dos mesmos (FILHO, 2014).

Contudo, ainda assim existem evidências da interferência no organismo com base na exposição crônica aos compostos emergentes e dentre elas podemos citar a puberdade feminina, que em média nas últimas décadas tem sido aos 13 anos, enquanto anos atrás se dava aproximadamente aos 17 anos e isso tem ocorrido pela mudança que existe entre a sociedade de hoje e a de antigamente, mudanças essas em diversas áreas, mas as principais e voltadas para este tema: a área nutricional e da saúde. Parent *et al.* (2003), atribui a variabilidade genética 86% da variação de idade de início da puberdade, contudo é questionável se esses são os únicos fatores responsáveis e suficientes para explicar o início da puberdade, visto que situações recentes como o aumento do número de meninas com o surgimento de seios com aproximadamente 8 anos de idade, levantam a hipótese de que fatores externos e ambientes também estão envolvidos (FILHO, 2014).

Outro exemplo também muito comum atualmente é a baixa qualidade do sêmen. Pesquisadores escandinavos, alemães, espanhóis e japoneses estudaram ativamente amostras masculinas dos respectivos países e através de um consenso foi possível observar uma quantia considerável de jovens com uma qualidade abaixo do que é esperado para uma boa fertilidade. Uma quantia inferior a 40 milhões de espermatozoides por mL já pode ser considerada de baixa qualidade e Skakkebaek em 2010, constatou grupos com 20 a 40% de jovens incluídos nesses valores inférteis. Índícios da atuação dos compostos emergentes são polêmicos, porém importantes, visto que a baixa fertilidade pode ser precursora de outras enfermidades, como câncer de testículos (FILHO, 2014).

## Considerações finais

É notável o aumento do interesse a respeito dos efeitos dos compostos emergentes no organismo humano, levando em consideração que alguns anos atrás não se tinha conhecimento a respeito deste tema e a devida importância não era voltada para tal assunto, visto que a disseminação destes compostos promoviam/promovem determinadas influências no organismo humano.

Foi possível observar que atualmente diversos compostos emergentes estão sendo estudados por pesquisadores do mundo inteiro, porém indo contra essa informação, vemos um número insuficiente de resultados a respeito de pesquisas visando determinar os reais resultados da exposição crônica a tais compostos, visto a gama de substância emergentes que podem ser encontradas no meio ambiente. Contudo, com os poucos resultados obtidos é possível notar a presença de contaminantes de preocupação emergente em diversas matrizes aquáticas ao redor do mundo, sendo na água subterrânea, superficial ou água tratada.

Como citado anteriormente, houve um considerável aumento de diversas doenças que podem estar relacionadas a exposição aos compostos, o que torna esta temática um problema de saúde pública, podendo comparar o conhecimento a respeito deste tema a um iceberg, em que na superfície tem-se o conhecimento de algumas substâncias e os efeitos destas e no profundo as milhares de outras substâncias que são encontradas em concentrações traços e desempenham um potencial possivelmente tóxico tardiamente, vistas de forma individuais e ainda podendo apresentar riscos associadas umas com as outras.

O real desafio voltado para este tema é a regulamentação dos compostos emergentes e o reconhecimento das entidades governamentais. Promovendo a importância de identificar e regulamentar estes compostos que estão distribuídas pelo meio ambiente, em especial nas matrizes aquáticas, fazendo que se entenda sobre os efeitos associados à exposição crônica e um maior entendimento a respeito da garantia da qualidade da água vista a importância dela em diversas áreas. Também é

de extrema importância a implementação de entidades regulamentadoras que acompanham e determinam a qualidade da água, seja em grandes ou pequenas cidades, visto que já é possível observar que a tecnologia destinada a identificação de novos compostos ou até mesmo a identificação de pequenas quantidades como nanogramas ou microgramas já é uma realidade, sendo necessária a disponibilização e a disseminação destes.

## Referências

- APARECIDA, Érika; MILENI, Aurélia; ABELDT, Jheniffer; NEVES, Naiara; FERREIRA, Carolina; AMARAL, Higor. **Conhecendo as propriedades da água**. Alegre, ES.
- BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos C. Barnsley; **Águas do Brasil: Análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, P. 24-25, 2010.
- BILA, Daniele; DEZOTTI, Márcia. Fármacos no meio ambiente. **Quim. Nova**, Vol. 26, No. 4, p. 523-530, 2003.
- CARMONA, Eleonora Cano et al. **Importância Da Água E Suas Propriedades Para a Vida**. p. 1–11, 2016.
- CEBALLOS, Beatriz; DANIEL, Luiz; BASTOS, Rafael. **Água: remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para o consumo humano**. 5. Ed., 2009.
- DA SILVA, Rogério Ferreira. **Avaliação da Presença de Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto do Estado de Pernambuco e sua Degradação por POA**. Universidade Federal de Pernambuco, 2011.
- DE CARVALHO, Eduardo Viviani; FERREIRA, Elena; MUCINI, Luciano; SANTOS, Carmenlucia. Aspectos legais e toxicológicos do descarte de medicamentos. **Revista Brasileira de Toxicologia 22**, Campinas, SP: UNICAMP, N. 1-2, 2009.
- FERREIRA, Juliano César Rego. **Remoção de micropoluentes emergentes em efluentes sanitários através de carvão ativado**. Universidade Federal do Paraná, 2011.
- FILHO, Luiz Eduardo Dias Bezerra. **Estudo da contaminação de águas potáveis por poluentes emergentes**. Instituto tecnológico de aeronáutica, 2014.
- GAFFNEYA, Vanessa de Jesus et al. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. **Quim. Nova**, v. 37, n. 1, p. 138–149, 2014.

GOMES, A.S; CLAVICO, Etiene. **Propriedades Físico-Químicas da Água.** Universidade Federal Fluminense, p. 15, 2005.

GROSSELI, Guilherme Martins. **Contaminantes emergentes em estações de tratamento de esgoto aeróbia e anaeróbia.** Tese apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA da UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, p. 119, 2016.

HOUTMAN, Corine J. Emerging contaminants in surface waters and their relevance for the production of drinking water in Europe. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 7, n. 4, p. 271–295, 2010.

JÉQUIER, E.; CONSTANT, F. Water as an essential nutriente: the physiological basis hydration. **European Journal of Clinical nutrition** 64, P. 115-123, 2010.

LIMA, Diego Roberto Souza; TONUCCI, Marina Caldeira; LIBÂNIO, Marcelo; AQUINO, Sérgio Francisco de. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Eng Sanit Ambient**, V. 22, N. 6, P. 1043-1054, 2017.

MACHADO, Genikelly Cavalcanti. **Contaminantes químicos emergentes em águas naturais e de abastecimento público:** Desenvolvimento analítico e estudo de caso envolvendo capitais estaduais do Brasil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MARCELA, Ana et al. Contaminantes químicos em águas destinadas ao consumo humano no Brasil. **Cad. Saúde Colet.**, v. 19, n. 4, p. 479–486, 2004.

MARINOSKI, Ana; GHISI, Enedir. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. Porto Alegre, **Ambiente Construído**, V. 18, P. 423-443, 2018.

MARTY, Jean-louis; MOREIRA, Josino Costa; SIM, Eline. Contaminantes Emergentes. **Revista de Química Industrial**, v. 733, n. 51, p. 1–13, 2011.

MIZUKAWA, Alinne. **Avaliação de contaminantes emergentes na água e sedimento na Bacia do Alto Iguazu/PR.** Universidade Federal do Paraná.

MONTAGNER, Cassiana C.; VIDAL, Cristiane; ACAYABA, Raphael D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094–1110, 2017.

NAPOLEÃO, D. C. **Avaliação e Tratamento dos Contaminantes Emergentes (Ácido Acetilsalicílico, Diclofenaco e Paracetamol) utilizando Processos**

**Oxidativos Avançados.** 2011. Tese Mestrado em Engenharia Química - Instituto de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

NARVAEZ, Jhon F V; JIMENEZ, Claudio C. Pharmaceutical Products in the Environment: Sources, Effects and Risks/Productos Farmacéuticos En El Ambiente: Fuentes, Efectos Y Riesgos. **Vitae**, v. 19, n. 1, p. 93–108, 2012.

**ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS).** Não polua o meu futuro! O impacto do ambiente na saúde das crianças. p. 33, 2018.

**ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS).** O Impacto De Substâncias Químicas Sobre a Saúde Pública : Fatores. p. 16, 2016.

PESCARA, I. C. **Ocorrência e remoção de contaminantes emergentes por tratamentos convencionais de água e esgoto.** UNICAMP, p. 167, 2014.

RAIMUNDO, Cassiana Carolina Montagner. **Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais do rio Atibaia.** UNICAMP, p. 126, 2007.

SLY, Peter D. et al. Health Consequences of Environmental Exposures: Causal Thinking in Global Environmental Epidemiology. **Annals of Global Health**, v. 82, n. 1, p. 3–9, 2016.

SZIKSZAY, Mária. **Geoquímicas das águas.** São Paulo: Instituto de Ciência da Universidade de São Paulo, 1993.

SANCHES, SÉRGIO MARCOS et al. Pesticidas E Seus Respective Riscos Associados À Contaminação Da Água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 53–58, 2003.

SANTANA, J. S. **Determinação de contaminantes emergentes em mananciais de água bruta e na água para consumo humano do Distrito Federal.** Tese (Mestrado em Química) Instituto de Química, Universidade de Brasília (UNB), Brasília.

SIMÕES, Ana Paula et al. **A Presença De Interferentes Endócrinos Em Águas Superficiais E De Abastecimento : Um Problema Da Vida Moderna.** Faculdade Oswaldo Cruz, v. 54, n. 3, p. 6–16, 2007.

SODRÉ, Fernando Fabríz. **Interferentes Endócrinos como Contaminantes Emergentes : Uma questão de saúde pública.** Grupo de Automação, Quimiometria e Química Ambiental (AQQUA), p. 1–8, 2012.

SODRÉ, Fernando F. et al. **Origem E Destino De Interferentes Endócrinos Em Águas Naturais.** UNICAMP, v. 06, 2007.

SOUZA, Maiara Priscilla de. **Determinação de contaminantes emergentes em água utilizando microextração adsorptiva em barra (BAµE) e UHPLC-MS /MS.** Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

THERNES, Thomas. **Occurrence of drugs in german sewage treatment plants and rivers.** Vol. 32, N. 11, P. 3245-3260, 1998.

TORRES, C. N. A gestão dos resíduos sólidos no município de cascavel-ce: fragilidade ambiental, social e política. **GEOSABERES** - Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, n.3, p. 84-97, 2016.

VIEIRA, Lucas Mendes. **Contaminantes prioritários e emergentes e o saneamento ambiental.** Universidade Federal de Uberlândia, 2017.