

FELIPE SANCHES EDAES

*Centro Universitário Lusíada, UNILUS,
Santos, SP, Brasil.*

SUZANA MESQUITA RIBEIRO

*Centro Universitário Lusíada, UNILUS,
Santos, SP, Brasil.*

CLEIDE BARBIERI DE SOUZA

*Centro Universitário Lusíada, UNILUS,
Santos, SP, Brasil.*

Recebido em dezembro de 2018.

Aprovado em março de 2019.

MALEFÍCIOS DO BISFENOL A NA SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE

RESUMO

O plástico foi difundido de tal forma que a vida hoje sem ele parece ser impossível de se alcançar. Entretanto, o plástico também traz malefícios, tal qual a liberação do composto BPA, que age como um desregulador endócrino ao ser absorvido pelo organismo. Na saúde humana, pode induzir a diversos distúrbios como ginecomastia, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, infertilidade, síndrome do ovário policístico, diabetes, obesidade, puberdade precoce e neoplasias. Em animais selvagens ele age como agente teratogênico e disruptor endócrino, levando a más formações. Devido à problemática analisada, acredita-se que seja necessário rever o sistema atual de utilização do plástico e se faz necessário a pesquisa e desenvolvimento de plásticos biodegradáveis como alternativa devido a sua importância ao meio ambiente e na promoção de melhora na saúde humana.

Palavras-Chave: BPA; Desreguladores Endócrinos; Plásticos Biodegradáveis.

BISPHENOL A HAZARDS IN HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

ABSTRACT

Plastic has been globally widespread in a way that, nowadays, life without it seems impossible to reach. However, conventional plastic also brings harms, such as the release of the BPA compound, which, once it's absorbed by the organism, acts as an endocrine disruptor. In human health, it can induce several disturbs like gynecomastia, attention deficit hyperactivity disorder, infertility, polycystic ovary syndrome, diabetes, obesity, early puberty and neoplasms. In wild animals, it acts as a teratogenic agent and endocrine disruptor, leading to malformations. Due to the analyzed problematic, we believe that it's necessary to revise our current system of plastic utilization and that's also necessary to research and develop biodegradable plastics as an alternative because of its importance to the environment and the promotion to an improvement in human health.

Keywords: BPA; Endocrine Disruptors; Biodegradable Plastics.

INTRODUÇÃO

A produção de plásticos iniciou na segunda metade do século XX e sua produção mundial acumulada é de 8,3 bilhões de toneladas com 79 % jogada em lixões, aterros sanitários ou despejados no meio ambiente (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Esse plástico não é inofensivo, para as pessoas e meio ambiente, e toda essa produção e descarte irregular é um sinal vermelho para a saúde das criaturas vivas.

Os plásticos são maléficos para os seres humanos, pois liberam substâncias semelhantes aos estrógenos naturais do corpo, xenoestrógenos, que são disruptores endócrinos e alteram a funcionalidade do sistema endócrino humano, levando a diversos problemas de saúde (LÓPEZ; PONTES; TENÓRIO, 2015). Para o meio ambiente, o plástico é uma problemática por diversos motivos, dentre eles a sua lenta degradação e o consequente acúmulo em aterros sanitários e nos oceanos, onde os animais confundem o plástico com a fauna e a flora local, acabam o ingerindo, sofrendo bloqueio interno e sufocando até a morte entre outras complicações (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017).

Para resolvermos esta questão, devemos ir além dos 3 Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) da sustentabilidade, devemos pensar em uma alternativa mais atual e que beneficiará a sociedade, a saúde humana e o meio ambiente de uma maneira mais ampla: devemos pensar na possibilidade de utilizar plásticos biodegradáveis e fotobiodegradáveis (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009).

O Bisfenol A (BPA) é um disruptor endócrino e por esse motivo, muitas doenças são associadas ao consumo exacerbado desse composto, no presente trabalho foi questionado sobre os malefícios dos plásticos, o que o BPA causa ao organismo humano e ao meio ambiente. Além de técnicas a serem adotadas para evitar a exposição aos subprodutos do plástico e quais estratégias adotar para resolver a problemática que é o plástico, como reduzir seu uso e a substituição por outros materiais (SHAFEI et al., 2018).

OBJETIVO

Descrever o risco intermitente ao qual o ser humano e o meio ambiente estão expostos diariamente, sem o conhecimento do perigo que esses materiais plásticos, considerados seguros, podem causar, afetando a saúde e o meio ambiente e, conseqüentemente, as próximas gerações.

METODOLOGIA

Para a revisão bibliográfica foi utilizado os bancos de dados como: PubMed, Scholar Google, BVS, Bireme; utilizando como descritores: BPA; desreguladores endócrinos; plásticos biodegradáveis.

MALEFÍCIOS DOS PLÁSTICOS

Apesar de alguns compostos plásticos não apresentarem significativo potencial bioacumulativo, estudos de biomonitoração demonstraram a presença de uma concentração estável de componentes plásticos no corpo humano, e isso ocorre devido ao seu uso difundido o que facilita o contato com o organismo humano, e essa exposição é maior do que a capacidade de metabolização e excreção desses compostos, levando à alta concentração no corpo (CALAFAT et al., 2004; NORTH; HALDEN, 2013).

O BPA é encontrado, em alguma concentração, em 95 % da urina da população adulta dos EUA, o que significa que grande parte da população possui o composto em seu organismo. O que demonstra que nessa sociedade não existem grupos controle para o monitoramento dos efeitos na saúde a uma baixa exposição aos plásticos, e isso ocorre porque todos estão expostos ao plástico (VANDENBERG et al., 2007).

BISFENOL A

O BPA é um monômero utilizado na produção de resinas epóxi, plásticos de polycarbonato, poliacrilato e poliésteres, podendo ser utilizados na fabricação de diversos produtos como mamadeiras, garrafas, revestimento de recipientes de alimentos, obturações dentárias, utensílios, tubos médicos e papel térmico, tendo maior presença nas indústrias eletrônicas e alimentícia (KHARRAZIAN, 2014; WANG et al., 2017; MERSHA et al., 2018).

O BPA lixivia dos produtos, principalmente em diferenças de temperatura, como aquecimento e resfriamento desses recipientes e objetos, contaminando produtos alimentares e água (KHARRAZIAN, 2014). Por essa característica migratória, a Food and Drug Administration (FDA), considera o composto um aditivo alimentar. A ingestão é a principal via de exposição, isso se dá pelo comportamento do BPA de migrar do plástico para alimentos (NAAFS, 2017; WANG et al., 2017).

Ele é o principal xenoestrógeno gerado e distribuído amplamente pelo ambiente, e pela sua similaridade ao estradiol e afinidade aos receptores estrógenos, foi classificado como um químico disruptor endócrino (EDC) (VANDENBERG et al., 2012; WANG et al., 2017; MERSHA et al., 2018).

O BPA tem demonstrado alterar a função endócrina através de diversas vias, em doses muito baixas, o BPA já altera funções metabólicas, incluindo estresse oxidativo; em estudos experimentais, tratamento com BPA mostrou acelerar o crescimento e a puberdade, interromper o desenvolvimento embrionário e induzir à aneuploidia. A ação como um disruptor endócrino pode prejudicar a saúde reprodutiva humana já que estudos in vivo e in vitro relataram afetar o sistema reprodutor masculino, incluindo testículos, epidídimo, próstata e vesículas seminais (NAAFS, 2017; WANG et al., 2017).

O grupo fenol na estrutura do BPA é essencial para o seu efeito de mimetização, devido à similaridade com o grupo fenol do estradiol, podendo se ligar em ambos receptores de estrogênio, α e β , sendo um modulador seletivo do receptor de estrogênio ou agonista parcial de receptores estrogênicos. Em altas concentrações o BPA perde sua especificidade podendo se ligar e antagonizar o receptor androgênico (NAAFS, 2017).

MALEFÍCIOS DO BPA PARA A SAÚDE HUMANA

Doenças anteriormente atribuídas a fatores como dieta desregulada em conjunto a exercícios físicos insuficientes, como a diabetes, dislipidemias, doenças cardiovasculares, hipertensões e obesidade, agora são também atribuídas a fatores ambientais, devido à exposição a agentes capazes de desregular o metabolismo (GRÜN; BLUMBERG, 2007).

Vale ressaltar que nem toda comunidade científica concorda com as informações discutidas nesse tópico, de acordo com Teegarden e Hanson-drury (2013), os estudos da toxicidade do BPA na qual se investiga as doses baixas, não são legítimos com as doses na qual o organismo humano está exposto, seja ele lactente ou população infantil e adulta, sendo na grande maioria das vezes valores superiores, o que altera a percepção de risco na qual a população pode se submeter. A FDA (2018), baseada em seus estudos de revisão, assegura que os níveis atuais de BPA nos alimentos provenientes das embalagens são seguros para o consumo humano.

No organismo humano, o BPA é rapidamente absorvido após ser ingerido e é convertido, no fígado, em diversos metabólitos e, uma vez absorvidos, têm a capacidade de influenciar diversas funções fisiológicas envolvidas no desenvolvimento, reprodução e no metabolismo já que podem se acoplar aos mesmos receptores que os hormônios estrógenos endógenos, sendo capazes de alterar o equilíbrio hormonal do corpo, podendo causar diversas alterações, em especial nas mulheres, influenciando aspectos

biológicos como a distribuição de gordura corporal, levar ao desenvolvimento e proliferação de tumores e de doenças ovarianas (VALENTINO et al., 2013; SHAFEI et al., 2018).

Distúrbios Induzidos pelo BPA

Devido a capacidade de o BPA interagir com os receptores de estrógeno e então alterar a secreção de GnRH, o composto pode ter um papel na patogênese da síndrome do ovário policístico (HOSSEIN RASHIDI et al. 2018). Já a exposição em períodos de desenvolvimento, podem acarretar alterações no folículo ovariano, aumentando o risco de puberdade precoce, reduzir a fertilidade reprodutiva feminina após a puberdade e causar câncer de ovário (CHO; SHIH, 2009; NAH; PARK; GYE, 2011; SHAFEI et al., 2018); em homens, desequilíbrio dos níveis circulantes de testosterona e estrogênio que podem ser causados pelo BPA, levam ao desenvolvimento da ginecomastia (VANDENBERG et al., 2013; MILEVA et al., 2014), além de ter a capacidade de causar perturbações nas vias de sinalização catecolaminérgica e serotoninérgica, que são os sistemas de sinalização implicados na manifestação do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (SWANSON et al., 2007; WILENS, 2008; ZHOU et al., 2009; AGUIAR; EUBIG; SCHANTZ, 2010; ITOH; YAOI; FUSHIKI, 2012; CASTRO et al., 2013; KOMADA et al., 2014; ROCHESTER; BOLDEN; KWIATKOWSKI, 2018).

O BPA também pode exercer um papel no desenvolvimento da diabetes, visto que pode provocar resistência à insulina, disfunções metabólicas e nas células β pancreáticas (HECTORS et al., 2011; JAMES-TODD et al., 2016; LI et al., 2018). Ademais é considerado um obesogênico ambiental, aparecendo em altas concentrações na urina de crianças e adolescentes com obesidade (TRASANDE, ATTINA E BLUSTEIN, 2012).

Existem genes que se alteram epigeneticamente em resposta ao BPA, que podem contribuir de maneira direta no desenvolvimento de tumores, já que afeta diretamente os mecanismos de apoptose e proliferação celular (WENG et al., 2010; SHAFEI et al., 2018). Além disso, induz a transformação de células epiteliais mamárias saudáveis em células neoplásicas, desenvolvendo câncer de mama (SHAH, 2014; SHAFEI et al., 2018), e alterações nas vias de sinalização provocadas pelo BPA podem levar ao desenvolvimento de câncer de pulmão, próstata e cervical (SHAFEI et al., 2018). Esses distúrbios não afetam somente os humanos, trazendo consequências também aos seres vivos no geral, além do composto adentrar os ambientes terrestre, aquático e atmosférico.

MALEFÍCIOS DO BPA PARA O MEIO AMBIENTE

De acordo com Crain et al. (2007), para animais vertebrados selvagens (como *Xenopus laevis*, *Rana nigromaculata* e *Salmo salar*), o BPA age como um agente teratogênico e como um disruptor endócrino, podendo causar má formação ao embrião.

Apesar da água da maioria dos rios ao redor do mundo conter, geralmente, concentrações de BPA inferiores a $1 \mu\text{g/L}$, existem algumas localizações que contêm rios com concentrações mais altas, variando de $3,92 \mu\text{g/L}$ na China, a $370,00 \mu\text{g/L}$ no Japão (UNESCO, 2015).

Ambiente Aquático e Marinho

Cerca de 12,7 milhões de toneladas de resíduos plásticos adentram os oceanos todos os anos (JAMBECK et al., 2015). No ambiente aquático exerce uma toxicidade aguda para as espécies, com as águas residuais de fábricas que produzem BPA e vazamento de aterros sanitários sendo consideradas as principais fontes de contaminação aquática (KÖRNER et al., 2000).

Molina et al. (2018), estudou o efeito do BPA em peixes-zebra em diversas concentrações, sendo observado efeitos na expressão do mRNA, como consequência resulta

em uma degeneração das células gonadotrópicas, podendo levar a infertilidade tanto em peixes quanto em mamíferos (CHUNG et al., 2011). A exposição ao BPA em concentrações baixas é capaz de afetar o sistema neuroendócrino adulto, já em altas são capazes de prejudicar a função ovariana, podendo levar à atresia folicular e malefícios diretos à capacidade fértil e reprodutiva de peixes fêmea (MOLINA et al., 2018). Durante o período embrionário, pode acarretar em diferenciação sexual, ocasionando em um maior número de peixes-zebra fêmeas do que machos (CRAIN et al., 2007).

Ambientes aquáticos contaminados por BPA afetam os animais desse habitat, expondo-os aos riscos que essa substância representa com diversas consequências à saúde espermática e seminal, como supressão da produção de esperma, baixa qualidade do sêmen, aumento de espermatozoides malformados e diminuição na movimentação. A espécie de peixe *Gobiocypris raru* foi exposta a concentrações de BPA e como resultado foi encontrado disfunções na motilidade espermática, aumento das células espermáticas anormais e diminuição da capacidade fertilizante dos espermatozoides (SOHONI et al., 2001; LAHNSTEINER et al., 2005; HATEF et al., 2012; ZHANG et al., 2018).

Além de peixes, anelídeos, moluscos, crustáceos, insetos e anfíbios também são afetados pela exposição ao composto, abrangendo distúrbios no desenvolvimento e na reprodução, que incluem alterações no sucesso de incubação e, conseqüentemente, no número de suas proles (OEHLMANN et al., 2009).

A exposição de doses baixas de BPA em uma espécie de caramujo, *Marisa cornuarietis*, faz com que as fêmeas apresentem órgãos sexuais adicionais, aumento no tamanho de glândulas sexuais acessórias, má-formações do oviduto palial, aumento na produção de ovos fora da época de desova principal, além de aumento na mortalidade das fêmeas (OEHLMANN et al., 2000).

A exposição em baixas doses em *Daphnia magna* resultou em uma inibição de seus índices reprodutivos e de desenvolvimento (BRENNAN et al., 2006). Em copépodes marinhos, *Acartia tonsa*, a exposição resulta no estímulo do desenvolvimento das larvas e em uma prole com uma menor taxa de eclosão, além de maior mortalidade. Uma vez expostos ao BPA, os anfíbios podem sofrer diversos efeitos prejudiciais, como efeitos teratogênicos, disfunções na tireoide e aumento na mortalidade (MARCIAL; HAGIWARA; SNELL, 2003; OEHLMANN et al., 2009). Embriões de *Xenopus laevis* expostos ao BPA podem sofrer efeitos como vértebras tortas, desenvolvimento anormal da cabeça e do abdome e apoptose no sistema nervoso central (OKA et al., 2003; IMAOKA; MORI; KINOSHITA, 2007), além de causar disfunções no sistema tireoidiano que podem resultar em inibição de mudanças metamórficas (CANESI; FABBRI, 2015).

Os efeitos da exposição ao BPA não se restringem ao ambiente aquático e marinho, podendo ser encontrado em ambiente terrestre causando malefícios aos animais em seu habitat.

Ambiente Terrestre

Através de testes realizados com o nematoide *Caenorhabditis elegans*, foi observado que exposição a compostos como o BPA e análogos, mesmo em baixas doses, podem causar efeitos prejudiciais, como: apoptose, diminuição da fertilidade e fecundidade, letalidade embrionária e perturbações nas funções neurais (ALLARD; COLAIACOVO, 2010; MERSHA et al., 2018). Embriões nos estágios iniciais de desenvolvimento de *C. elegans* foram expostos a concentrações baixas de BPA e foi observado que uma vez adultos, houve diminuição no número de ovos postos, problemas neurológicos, diminuindo a capacidade de aprendizado, e, portanto, a exposição a estes compostos podem afetar o desenvolvimento embrionário levando a problemas a longo prazo (MERSHA et al., 2015; MERSHA et al., 2018).

Ratos expostos ao BPA apresentaram mudanças no processo de metilação do DNA, resultando em defeitos neuronais com consequências em longo prazo, além de a

exposição crônica ter como consequência hiperatividade, déficit de atenção e um aumento da sensibilidade a drogas, o que demonstra que o BPA também pode estar relacionado ao aumento dos índices dessas condições apresentados pela sociedade nas últimas décadas (SUZUKI et al., 2003; ROSENFELD, 2015).

Além da presença do composto sob as superfícies terrestre e aquática, o BPA ainda pode ser detectado na atmosfera, o que demonstra sua presença significativa na biosfera.

Ambiente Atmosférico

O BPA pode adentrar a atmosfera através dos diversos processos de produção industrial e da queima incontrolada de resíduos domésticos, combustão de resíduos eletrônicos e pulverização de tintas em spray (SIDHU et al., 2005; OWENS et al., 2007).

Em ambientes marinhos, os níveis mais altos de BPA foram observados na análise de amostras de aerossóis coletadas fora da costa do continente Asiático, com diminuição dos níveis de BPA conforme se distancia da região costeira e se adentra o centro do Oceano Pacífico Norte (KAWAMURA; ISHIMURA; YAMAZAKI, 2003; FU; KAWAMURA, 2010).

Já em ambientes polares árticos, foi observado em análises de amostras de aerossóis que durante os períodos de inverno, as concentrações de BPA eram muito mais altas do que aquelas encontradas no início do verão, o que demonstra que existe uma máxima nas concentrações de BPA durante o inverno e uma mínima durante o verão, o que caracteriza um padrão temporal. Como o ambiente polar ártico faz fronteira com alguns países, é de se esperar alguma influência antropogênica, diferente do continente antártico, porém análises de aerossóis do local demonstraram a presença de BPA, no mesmo alcance que encontrado no ártico, e sua origem pode ser através do transporte à longa distância dos continentes do sul ou derivadas de emissões locais das estações científicas (BENDLE et al., 2007; FU; KAWAMURA; BARRIE, 2009; FU; KAWAMURA, 2010). Esses dados demonstram que é necessário encontrar alternativas e implantar soluções a esses problemas.

ALTERNATIVAS AO PLÁSTICO CONVENCIONAL

Uma vez estabelecida a problemática que o plástico e seus compostos representam, é possível então, adentrar no que se considera a alternativa ideal: os plásticos biodegradáveis.

Por definição, o conceito de biodegradabilidade significa que um polímero sintético tem potencial de ser degradado por microrganismos e, portanto, uma vez que os plásticos criados por ação antropogênica são polímeros sintéticos, os plásticos biodegradáveis são aqueles cuja degradação é exercida por microrganismos, resultando em uma diminuição no peso molecular do polímero e alterações em sua estrutura química. Um plástico biodegradável é aquele que a degradação é resultado da ação de microrganismos que existem naturalmente no ambiente, como bactérias, fungos e algas (SIVAN, 2011; NORTH; HALDEN, 2013).

Polímeros com esqueletos base compostos de carbono e outros átomos em suas cadeias principais são susceptíveis à clivagem hidrolítica de suas ligações (MÜLLER; KLEEBERG; DECKWER, 2001).

Existem opções de polímeros considerados biodegradáveis; dentre eles, estão os polímeros sintéticos modificados com polímeros biodegradáveis como, por exemplo, o polietileno (PE), ou polímeros sintéticos que são considerados biodegradáveis sem a necessidade de modificação prévia, como o plástico de poliácido láctico (PLA) (SIVAN, 2011; HAIDER et al., 2018). Análises de PE de baixa densidade modificado com amido, em microcosmos nos quais o solo havia sido inoculado com *P. chrysosporium*, demonstraram

que ocorreu um aumento na velocidade do processo de biodegradação, quando comparado ao mesmo em um microcosmo com um solo não inoculado (ORHAN; BÜYÜKGÜNGÖR, 2000).

Atualmente o PLA apresenta a característica de ser reciclável e biodegradável. Entretanto se apresenta como biodegradável em condições ideais, requerendo compostagem em ambientes industriais, sendo que o PLA é considerado não-degradável, por exemplo, uma vez exposto à água do mar. O polímero também pode ser reciclado, mecanicamente e quimicamente. Entretanto, assim como a reciclagem de produtos como garrafas pet, os polímeros biodegradáveis também podem apresentar o mesmo empecilho, exigindo a aderência da população e a separação correta dos materiais (HOPMANN; SCHIPPERS; HÖFS, 2014; HAIDER et al., 2018).

Como demonstrado, existem polímeros sintéticos que sofrem degradação quando expostos a determinadas situações e microrganismos, portanto, podemos definir a biodegradação como a capacidade de uma ou mais culturas de microrganismos em utilizar um polímero sintético como sua fonte primordial de carbono; enquanto polímeros naturais apresentam níveis elevados de capacidade biodegradativa, polímeros sintéticos, como PE e poliestireno, são considerados não biodegradáveis. Ademais, a biodegradação de tais polímeros pode ser facilitada ao serem empregados métodos preliminares de oxidação resultando assim, na formação de grupos oxigenados que então podem ser utilizados como fonte de carbono ao serem consumidos por populações de microrganismos (SHAH et al., 2008; SIVAN, 2011).

Uma vez que os plásticos comuns sejam substituídos por polímeros biodegradáveis, é de suma importância que sejam projetados tendo em mente seu ciclo de vida, assim não ocorrendo o seu acúmulo nos aterros ou nos oceanos. Uma vez que os polímeros plásticos atinjam o seu objetivo de uso e sejam descartados, tais polímeros têm 53 diferentes destinos, dependendo de suas características. Enquanto as opções atuais de polímeros biodegradáveis requerem compostagem industrial, a maioria dos plásticos comuns costuma ser incinerada, reciclada ou depositada em aterros sanitários (EPA, 2011; ROSSI et al., 2015; HAIDER et al., 2018).

IMPACTO DOS PLÁSTICOS CONVENCIONAIS

Devido ao seu longo tempo de vida, os resíduos plásticos acumulam no meio ambiente e uma vez que adentram os rios, podem migrar para os oceanos, onde esses resíduos acumulam e formam a Grande Ilha de Lixo nos Giros Oceânicos, como demonstrado na Figura 1, com evidências dessa formação nos 5 giros subtropicais, assim afetando negativamente a vida marinha ao redor de todo o globo. Além disso, uma vez formadas as ilhas de plásticos nos giros oceânicos, os materiais podem sofrer processos oxidativos e se fragmentar em pedaços menores, prejudicando mais ainda o ambiente marinho (ERIKSEN et al., 2013).

Figura 1 - A Grande Ilha de Lixo do Pacífico.



Fonte: GALEY E HOOD, 2018.

De uma forma geral, macrolásticos não biodegradam e sim são quebrados em pedaços menores continuamente até atingirem um tamanho menor a 5 mm, sendo denominados então microplásticos. Já foi descrito na literatura que 693 espécies marinhas entraram em contato, de alguma forma, com lixo marinho, sendo que 90 % desses encontros envolveram a presença de resíduos plásticos, sendo potencialmente perigosos e podendo prejudicar os organismos marinhos (GALL; THOMPSON, 2015; LOIZIDOU; LOIZIDES; ORTHODOXOU, 2018).

O contato com macrolásticos pode afetar os animais marinhos, com animais grandes podendo os ingerir e dificultando a digestão adequada dos alimentos e causando bloqueio interno, e animais pequenos podendo ficar presos dentro de diversos materiais plásticos, como demonstrado na Figura 2, os deixando incapacitados, machucados e podendo até afogar os mamíferos marinhos por não conseguirem suprir suas necessidades de oxigênio, ademais, a flora local também pode ser confundida pela presença destes materiais estranhos, como demonstrada na Figura 3 (GREGORY, 2009; LOIZIDOU; LOIZIDES; ORTHODOXOU, 2018).

Figura 2 - Tartaruga marinha emaranhada em uma rede de pesca fantasma.



Fonte: FRANCIS PEREZ, 2018.

Uma vez em contato com microplásticos, uma vasta gama de animais pertencentes à vida marinha podem os ingerir e absorver, entrando em contato com o material em si e seus poluentes, causando sérias consequências à saúde dos animais, devido ao fato de que tais poluentes podem ser não degradáveis e assim, influenciando

aspectos de desenvolvimento, processos metabólicos e magnificação trófica, e, portanto a presença do microplástico e de seus poluentes e compostos nos peixes e frutos do mar que são destinados ao consumo humano, podem resultar em consequências negativas não só aos animais de níveis tróficos superiores como, também, à saúde humana (BROWNE et al., 2008; ROCHMAN et al., 2013; WRIGHT et al., 2013; VAN CAUWENBERGHE; JANSSEN, 2014).

Cerca de 220 espécies apresentaram ingestão de microplásticos in natura, dessas, 55 têm importância comercial. O consumo de microplásticos por humanos através de frutos do mar é estimada de 1 a 30 partículas por dia. Em organismos aquáticos o trato digestivo apresenta as maiores quantidades de microplástico, porém normalmente as vísceras são descartadas antes do consumo, entretanto em algumas espécies como bivalves e pequenos peixes isso não ocorre, podendo levar a uma exposição de 7 µg de plástico (LUSHER; HOLLMAN; MENDOZA-HILL, 2017).

Figura 3 - Cavalo-marinho confunde haste flexível de plástico e algodão com flora marinha.



Fonte: JUSTIN HOFMAN, 2017.

Como consequência do aumento do reconhecimento da problemática que é a poluição pelo plástico, aumentou também a necessidade por alternativas diferentes dos polímeros plásticos convencionais, os plásticos biodegradáveis são capazes de, uma vez dispostos no meio ambiente, mineralizar em água, dióxido de carbono e biomassa e, portanto, não acumulando no meio ambiente e eliminando todos os problemas resultantes do acúmulo dos plásticos convencionais. Portanto, além do consumo sustentável dos diversos tipos de plástico, e de uma melhoria nas formas precárias de gestão de resíduos e reciclagem, há a busca por uma nova alternativa, os promissores plásticos biodegradáveis, que podem se tornar a alternativa ideal para melhorar e, eventualmente, vencer a grande problemática que o acúmulo de resíduos plásticos e de seus compostos ao redor do mundo acarreta, assim, melhorando a saúde e a qualidade de vida da população como um todo e fornecendo um planeta com um ambiente mais saudável para as gerações futuras (SCHNEIDERMAN; HILLMYER, 2017; EUROPEAN COMISSION, 2018; HAIDER et al., 2018).

DISCUSSÃO

De acordo com Fu e Kawamura (2010), atualmente não existe ambiente considerado “BPA free”, com a exposição humana podendo ocorrer através dos ambientes terrestres, aquáticos, atmosféricos e através da ingestão, podendo ser detectada a sua

presença no soro, urina, líquido amniótico e placentário, e até mesmo no sangue do cordão umbilical.

No estudo de Rochester, Bolden e Kwiatkowski (2018), foi determinado que a exposição pré-natal ao composto é um perigo para o desenvolvimento do organismo e, portanto, apresenta um risco à saúde humana. Por este motivo, devem ser tomadas medidas para reduzir a exposição ao composto, com o objetivo de proteger a saúde humana.

Em ambientes aquáticos, o BPA pode afetar a saúde reprodutiva de peixes machos causando perturbações na motilidade dos espermatozoides, aumentando o número de anormalidades morfológicas, além de ser capaz de induzir a expressão de genes responsáveis pela regulação osmótica, contribuindo para a diminuição na capacidade do espermatozoide em regular a osmolaridade, causando uma diminuição na capacidade fertilizante (ZHANG et al., 2018). Vale ressaltar que, apesar do termo "doses baixas" ser amplamente utilizado, de acordo com Teegarden e Hanson-drury (2013), tais doses nas quais os animais são expostos estrategicamente nos estudos são, na verdade, maiores do que o limite de exposição que a maioria da população está exposta, ou seja, tais doses não condizem com a realidade de exposição ao BPA da população humana ou com aquelas dos animais que se encontram em ambientes contaminados pelo poluente. Porém, de acordo com Canesi e Fabbri (2015) no meio ambiente, os animais não são expostos uma única vez ao BPA, e sim durante todo o seu tempo de vida, continuamente, o que acarreta não só em bioacumulação como em biomagnificação e, conseqüentemente, uma dose maior conforme o passar do tempo, o que pode acarretar nos mesmos malefícios demonstrados nos estudos in vitro, em espécies in vivo. O mesmo se aplica aos seres humanos e à população como um todo.

Os polímeros atuais considerados biodegradáveis somente apresentam essa característica a determinados ambientes que apresentam condições exatas, assim, como naturalmente ocorrem oscilações nos níveis de umidade, temperatura e concentrações de microrganismos, ocorrem variações nas taxas de degradação (HAIDER et al., 2018).

Uma vez que o objetivo de conseguir projetar plásticos biodegradáveis que sejam economicamente viáveis, de fácil produção e com uma eficácia equivalente à dos plásticos convencionais seja alcançado, pode-se então, prevenir e diminuir o dano, em longo prazo, resultante da poluição pelo plástico e seus compostos (SHAH et al., 2008).

É necessário tomar medidas e criar estratégias para determinar quais são os plásticos que devem ser eliminados devido a seus malefícios irremediáveis, encontrar alternativas a eles e, a longo prazo, determinar em quais setores da sociedade os plásticos são realmente necessários. Uma vez determinados tais pontos, focar então no desenvolvimento de plásticos biodegradáveis projetados pensando no ciclo de vida e na eliminação dos diversos utensílios, com o intuito de permitir que a sociedade continue se beneficiando do potencial dos plásticos, sem comprometer a qualidade de vida da geração atual e das futuras (NORTH; HALDEN, 2013).

CONCLUSÃO

Devido a esta problemática analisada, acredita-se que seja hora de explorar o sistema atual e procurar por alternativas viáveis para o modelo de produção e eliminação vigente dos diversos tipos de plásticos, e buscar por alternativas que considerem, individualmente, as características dos diferentes usos que serão aplicados aos diversos tipos de plástico e seus diferentes ciclos de vida, com o intuito de projetar plásticos para os mais diversos fins, com qualidades individuais e únicas, que atendam o objetivo de serem ambientalmente conscientes, economicamente viáveis e socialmente justos, tanto para a saúde humana, quanto para o meio ambiente.

Ao projetar individualmente cada plástico de acordo com seus fins individuais e necessidades de seu uso, pode-se, então, focar especificamente em qual

tipo de material utilizar e em quão biodegradável cada tipo de plástico deverá ser. Uma estratégia como esta permitirá reverter o atual quadro, prevenindo danos provenientes da constante exposição e do descarte inadequado dos diferentes tipos de plástico, tanto ao meio ambiente quanto à saúde humana, ao mesmo tempo em que permitirá manter todos os benefícios que os diferentes tipos de plástico proporcionam onde são realmente necessários.

O conteúdo abordado ressalta que se faz necessário pesquisas de desenvolvimento de plásticos biodegradáveis como alternativa ao plástico convencional dada sua importância ao meio ambiente, além de promover melhora na saúde humana e da população como um todo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Andréa; EUBIG, Paul A.; SCHANTZ, Susan L.. Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Focused Overview for Children's Environmental Health Researchers. *Environmental Health Perspectives*, [s.l.], v. 118, n. 12, p.1646-1653, 9 set. 2010.
- ALLARD, P.; COLAIACOVO, M. P.. Bisphenol A impairs the double-strand break repair machinery in the germline and causes chromosome abnormalities. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [s.l.], v. 107, n. 47, p.20405-20410, 8 nov. 2010.
- BENDLE, James et al. Latitudinal distribution of terrestrial lipid biomarkers and n-alkane compound-specific stable carbon isotope ratios in the atmosphere over the western Pacific and Southern Ocean. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, [s.l.], v. 71, n. 24, p.5934-5955, dez. 2007.
- BRENNAN, Sarah J. et al. Multi-generational effects of four selected environmental oestrogens on *Daphnia magna*. *Chemosphere*, [s.l.], v. 64, n. 1, p.49-55, jun. 2006.
- BROWNE, Mark A. et al. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis*(L.). *Environmental Science & Technology*, [s.l.], v. 42, n. 13, p.5026-5031, jul. 2008.
- CALAFAT, Antonia M. et al. Urinary Concentrations of Bisphenol A and 4-Nonylphenol in a Human Reference Population. *Environmental Health Perspectives*, [s.l.], v. 113, n. 4, p.391-395, 20 dez. 2004.
- CANESI, Laura; FABBRI, Elena. Environmental Effects of BPA: Focus on Aquatic Species. *Dose-Response*, [s.l.], v. 13, n. 3, p.1-14, 29 jul. 2015.
- CASTRO, Beatriz et al. Effects of Adult Exposure to Bisphenol A on Genes Involved in the Physiopathology of Rat Prefrontal Cortex. *Plos One*, [s.l.], v. 8, n. 9, p.73584-73584, 16 set. 2013.
- CHO, Kathleen R.; SHIH, Ie-ming. Ovarian Cancer. *Annual Review Of Pathology: Mechanisms of Disease*, [s.l.], v. 4, n. 1, p.287-313, fev. 2009.
- CHUNG, E. et al. Effects of bisphenol A and triclocarban on brain-specific expression of aromatase in early zebrafish embryos. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [s.l.], v. 108, n. 43, p.17732-17737, 17 out. 2011.
- CRAIN, D. Andrew et al. An ecological assessment of bisphenol-A: Evidence from comparative biology. *Reproductive Toxicology*, [s.l.], v. 24, n. 2, p.225-239, ago. 2007.
- EPA United States Environmental Protection Agency. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2010. Washington: United States Environmental Protection Agency, 2011.

- ERIKSEN, Marcus et al. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, [s.l.], v. 68, n. 1-2, p.71-76, mar. 2013.
- EUROPEAN COMMISSION. *EU Strategy for Plastics in a Circular Economy*. Brussels: European Commission, 2018.
- FDA Food and Drug Administration. Bisphenol A (BPA): Use in Food Contact Application. 2018. Disponível em: <<https://www.fda.gov/newsevents/publichealthfocus/ucm064437.htm>>. Acesso em: 16 out. 2018.
- FU, Pingqing; KAWAMURA, Kimitaka. Ubiquity of bisphenol A in the atmosphere. *Environmental Pollution*, [s.l.], v. 158, n. 10, p.3138-3143, out. 2010.
- FU, Pingqing; KAWAMURA, Kimitaka; BARRIE, Leonard A.. Photochemical and Other Sources of Organic Compounds in the Canadian High Arctic Aerosol Pollution during Winter-Spring. *Environmental Science & Technology*, [s.l.], v. 43, n. 2, p.286-292, 15 jan. 2009.
- GALEY, Patrick; HOOD, Marlowe. Pacific plastic dump far larger than feared: study. 2018. Disponível em: <<https://phys.org/news/2018-03-pacific-plastic-dumplarger.html>>. Acesso em: 07 ago. 2018. GALL, S.C.; THOMPSON, R.C.. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, [s.l.], v. 92, n. 1-2, p.170-179, mar. 2015.
- GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, [s.l.], v. 3, n. 7, p.1-5, jul. 2017.
- GRÜN, Felix; BLUMBERG, Bruce. Perturbed nuclear receptor signaling by environmental obesogens as emerging factors in the obesity crisis. *Reviews In Endocrine And Metabolic Disorders*, [s.l.], v. 8, n. 2, p.161-171, 27 jul. 2007.
- HAIDER, Tobias et al. Plastics of the future? The impact of biodegradable polymers on the environment and on society. *Angewandte Chemie International Edition*, [s.l.], p.1-16, jul. 2018.
- HATEF, Azadeh et al. Adverse effects of bisphenol A on reproductive physiology in male goldfish at environmentally relevant concentrations. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, [s.l.], v. 76, p.56-62, fev. 2012.
- HECTORS, T. L. M. et al. Environmental pollutants and type 2 diabetes: a review of mechanisms that can disrupt beta cell function. *Diabetologia*, [s.l.], v. 54, n. 6, p.1273-1290, 27 mar. 2011.
- HOFMAN, Justin. Our Blue Planet. Justin Hofman's seahorse photograph. Disponível em: <<https://ourblueplanet.bbcearth.com/video/?v=593699/>>. Acesso em: 25 out. 2018.
- HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E.. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [s.l.], v. 364, n. 1526, p.2115-2126, 14 jun. 2009.
- HOPMANN, Christian; SCHIPPERS, Sebastian; HÖFS, Christopher. Influence of recycling of poly(lactic acid) on packaging relevant properties. *Journal Of Applied Polymer Science*, [s.l.], p.1-6, out. 2014.
- HOSSEIN RASHIDI, Batoool et al. The Association Between Bisphenol A and Polycystic Ovarian Syndrome: A Case-Control Study. *Acta Medica Iranica*, [s.l.], p. 759-764, jan. 2018.
- IMAOKA, Susumu; MORI, Tomohiro; KINOSHITA, Tsutomu. Bisphenol A Causes Malformation of the Head Region in Embryos of *Xenopus laevis* and Decreases the Expression of the ESR-1 Gene Mediated by Notch Signaling. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, [s.l.], v. 30, n. 2, p.371-374, 2007.
- in marine worms. *Current Biology*, [s.l.], v. 23, n. 23, p.1031-1033, dez. 2013.

- ITOH, Kyoko; YAOI, Takeshi; FUSHIKI, Shinji. Bisphenol A, an endocrine disrupting chemical, and brain development. *Neuropathology*, [s.l.], v. 32, n. 4, p.447-457, 12 jan. 2012.
- JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, [s.l.], v. 347, n. 6223, p.768-771, 12 fev. 2015.
- JAMES-TODD, Tamarra M. et al. Pregnancy urinary phthalate metabolite concentrations and gestational diabetes risk factors. *Environment International*, [s.l.], v. 96, p.118-126, nov. 2016.
- KAWAMURA, K.; ISHIMURA, Y.; YAMAZAKI, K.. Four years' observations of terrestrial lipid class compounds in marine aerosols from the western North Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.3-1, 3 jan. 2003.
- KHARRAZIAN, Datis. The Potential Roles of Bisphenol A (BPA) Pathogenesis in Autoimmunity. *Autoimmune Diseases*, [s.l.], v. 2014, p.1-12, 2014.
- KOMADA, Munekazu et al. Newborn mice exposed prenatally to bisphenol A show hyperactivity and defective neocortical development. *Toxicology*, [s.l.], v. 323, p.51-60, set. 2014.
- KOPONEN, Petri S.; KUKKONEN, Jussi V. K.. Effects of Bisphenol A and Artificial UVB Radiation on the Early Development of *Rana Temporaria*. *Journal Of Toxicology And Environmental Health, Part A*, [s.l.], v. 65, n. 13, p.947-959, 12 jul. 2002.
- KÖRNER, Wolfgang et al. Input/output balance of estrogenic active compounds in a major municipal sewage plant in Germany. *Chemosphere*, [s.l.], v. 40, n. 9-11, p.1131-1142, maio 2000.
- LAHNSTEINER, Franz et al. Effect of bisphenol A on maturation and quality of semen and eggs in the brown trout, *Salmo trutta f. fario*. *Aquatic Toxicology*, [s.l.], v. 75, n. 3, p.213-224, nov. 2005.
- LI, Adela Jing et al. Urinary concentrations of environmental phenols and their association with type 2 diabetes in a population in Jeddah, Saudi Arabia. *Environmental Research*, [s.l.], v. 166, p.544-552, out. 2018.
- LOIZIDOU, Xenia I.; LOIZIDES, Michael I.; ORTHODOXOU, Demetra L.. Persistent marine litter: small plastics and cigarette butts remain on beaches after organized beach cleanups. *Environmental Monitoring And Assessment*, [s.l.], v. 190, n. 7, p.1-10, 20 jun. 2018.
- LÓPEZ, A. M. Q.; PONTES, M. B.; TENÓRIO, M. C.. Toxicidade de Disruptores Endócrinos Sintéticos Manipulados em Odontologia. *Porandu Revista de Divulgação Científica em Ciências Exatas e Tecnológicas*, Maceió, v. 1, n. 1, p.63-77, dez. 2015.
- LUSHER, A. L.; HOLLMAN, P.C.H.; MENDOZA-HILL, J.J.. *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. 615. ed. Rome: Fao Fisheries And Aquaculture Technical Paper., 2017.
- MARCIAL, Helen S.; HAGIWARA, Atsushi; SNELL, Terry W.. Estrogenic compounds affect development of harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus*. *Environmental Toxicology And Chemistry*, [s.l.], v. 22, n. 12, p.3025-3030, 2003.
- MERSHA, Mahlet D. et al. Effects of BPA and BPS exposure limited to early embryogenesis persist to impair non-associative learning in adults. *Behavioral And Brain Functions*, [s.l.], v. 11, n. 1, p.1-5, 17 set. 2015.

- MERSHA, Mahlet D. et al. Long-term Behavioral and Reproductive Consequences of Embryonic Exposure to Low-dose Toxicants. *Journal Of Visualized Experiments*, [s.l.], n. 133, p.1-6, 6 mar. 2018.
- MILEVA, Guergana et al. Bisphenol-A: Epigenetic Reprogramming and Effects on Reproduction and Behavior. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, [s.l.], v. 11, n. 7, p.7537-7561, 22 jul. 2014.
- MOLINA, Ana et al. Hypothalamic-pituitary-ovarian axis perturbation in the basis of bisphenol A (BPA) reproductive toxicity in female zebrafish (*Danio rerio*). *Ecotoxicology And Environmental Safety*, [s.l.], v. 156, p.116-124, jul. 2018.
- MÜLLER, Rolf-joachim; KLEEBERG, Ilona; DECKWER, Wolf-dieter. Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents. *Journal Of Biotechnology*, [s.l.], v. 86, n. 2, p.87-95, 30 mar. 2001.
- NAAFS, Michael Ab. Clinical Pharmacodynamics of Endocrine Disruptors: A Historic Perspective. *Endocrinol Diabetes Res*, [s.l.], v. 1, n. 4, p.1-13, set. 2017.
- NAH, Won Heum; PARK, Mi Jung; GYE, Myung Chan. Effects of early prepubertal exposure to bisphenol A on the onset of puberty, ovarian weights, and estrous cycle in female mice. *Clinical And Experimental Reproductive Medicine*, [s.l.], v. 38, n. 2, p.75-81, 2011.
- NORTH, Emily J.; HALDEN, Rolf U.. Plastics and environmental health: the road ahead. *Reviews On Environmental Health*, [s.l.], v. 28, n. 1, p.1-8, 1 jan. 2013.
- OEHLMANN, J. et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [s.l.], v. 364, n. 1526, p.2047-2062, 14 jun. 2009.
- OEHLMANN, Jörg et al. Effects of endocrine disruptors on prosobranch snails (Mollusca: Gastropoda) in the laboratory. Part I: Bisphenol A and octylphenol as xeno-estrogens. *Ecotoxicology*, [s.l.], v. 9, n. 6, p.383-397, 2000.
- OKA, Tomohiro et al. Bisphenol A induces apoptosis in central neural cells during early development of *Xenopus laevis*. *Biochemical And Biophysical Research Communications*, [s.l.], v. 312, n. 4, p.877-882, dez. 2003.
- ORHAN, Yüksel; BÜYÜKGÜNGÖR, Hanife. Enhancement of biodegradability of disposable polyethylene in controlled biological soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, [s.l.], v. 45, n. 1-2, p.49-55, jan. 2000.
- OWENS, Clyde V. et al. Identification of Estrogenic Compounds Emitted from the Combustion of Computer Printed Circuit Boards in Electronic Waste. *Environmental Science & Technology*, [s.l.], v. 41, n. 24, p.8506-8511, dez. 2007.
- PENG, Xianzhi et al. Body size-dependent bioaccumulation, tissue distribution, and trophic and maternal transfer of phenolic endocrine-disrupting contaminants in a freshwater ecosystem. *Environmental Toxicology And Chemistry*, Guangzhou, v. 37, n. 7, p.1811-1823, 4 jun. 2018.
- PEREZ, Francis. THE OCEAN CLEANUP. THE GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH. Disponível em: . Acesso em: 07 ago. 2018.
- ROCHESTER, Johanna R.; BOLDEN, Ashley L.; KWIATKOWSKI, Carol F.. Prenatal exposure to bisphenol A and hyperactivity in children: a systematic review and meta-analysis. *Environment International*, [s.l.], v. 114, p.343-356, maio 2018.
- ROCHMAN, Chelsea M. et al. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, [s.l.], v. 3, n. 1, p.1-7, 21 nov. 2013.

- ROSENFELD, Cheryl S.. Bisphenol A and phthalate endocrine disruption of parental and social behaviors. *Frontiers In Neuroscience*, [s.l.], v. 9, p.1-15, 3 mar. 2015.
- ROSSI, Vincent et al. Life cycle assessment of end-of-life options for two biodegradable packaging materials: sound application of the European waste hierarchy. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 86, p.132-145, jan. 2015.
- SCHNEIDERMAN, Deborah K.; HILLMYER, Marc A.. 50th Anniversary Perspective: There Is a Great Future in Sustainable Polymers. *Macromolecules*, [s.l.], v. 50, n. 10, p.3733-3749, maio 2017.
- SHAFEI, Ayman et al. The molecular mechanisms of action of the endocrine disrupting chemical bisphenol A in the development of cancer. *Gene*, [s.l.], v. 647, p.235-243, mar. 2018.
- SHAH, Aamer Ali et al. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, Islamabad, v. 26, n. 3, p.246-265, maio 2008.
- SHAH, Rupen. Pathogenesis, prevention, diagnosis and treatment of breast cancer. *World Journal Of Clinical Oncology*, [s.l.], v. 5, n. 3, p.283-298, 2014.
- SIDHU, Sukh et al. Endocrine disrupting chemical emissions from combustion sources: diesel particulate emissions and domestic waste open burn emissions. *Atmospheric Environment*, [s.l.], v. 39, n. 5, p.801-811, fev. 2005.
- SIVAN, Alex. New perspectives in plastic biodegradation. *Current Opinion In Biotechnology*, [s.l.], v. 22, n. 3, p.422-426, jun. 2011.
- SOHONI, P. et al. Reproductive Effects of Long-Term Exposure to Bisphenol A in the Fathead Minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental Science & Technology*, [s.l.], v. 35, n. 14, p.2917-2925, jul. 2001.
- SUZUKI, T et al. Prenatal and neonatal exposure to bisphenol-a enhances the central dopamine d1 receptor-mediated action in mice: enhancement of the methamphetamine-induced abuse state. *Neuroscience*, [s.l.], v. 117, n. 3, p.639-644, mar. 2003.
- SWANSON, James M. et al. Etiologic Subtypes of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Brain Imaging, Molecular Genetic and Environmental Factors and the Dopamine Hypothesis. *Neuropsychology Review*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.39-59, 21 fev. 2007.
- TEEGUARDEN, Justin G.; HANSON-DRURY, Sessa. A systematic review of Bisphenol A “low dose” studies in the context of human exposure: A case for establishing standards for reporting “low-dose” effects of chemicals. *Food And Chemical Toxicology*, [s.l.], v. 62, p.935-948, dez. 2013.
- TRASANDE, Leonardo; ATTINA, Teresa M.; BLUSTEIN, Jan. Association Between Urinary Bisphenol A Concentration and Obesity Prevalence in Children and Adolescents. *Jama*, [s.l.], v. 308, n. 11, p.1113-1113, 19 set. 2012.
- UNESCO (Paris). United Nations. Marine Litter: Microplastics. 2015. Escrito por Kirsten Isensee e Luis Valdes. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5854Marine%20Litter%20-%20Microplastics.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2018.
- VALENTINO, Rossella et al. Bisphenol-A Impairs Insulin Action and Up Regulates Inflammatory Pathways in Human Subcutaneous Adipocytes and 3T3-L1 Cells. *Plos One*, [s.l.], v. 8, n. 12, p.82099-82099, dez. 2013
- VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth; JANSSEN, Colin R.. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, [s.l.], v. 193, p.65-70, out. 2014.

VANDENBERG, Laura N. et al. Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews*, [s.l.], v. 33, n. 3, p.378-455, jun. 2012.

VANDENBERG, Laura N. et al. Human exposure to bisphenol A (BPA). *Reproductive Toxicology*, [s.l.], v. 24, n. 2, p.139-177, ago. 2007.

VANDENBERG, Laura N. et al. The male mammary gland: A target for the xenoestrogen bisphenol A. *Reproductive Toxicology*, [s.l.], v. 37, p.15-23, jun. 2013.

WANG, Chaoliang et al. Low concentration of BPA induces mice spermatocytes apoptosis via GPR30. *Oncotarget*, [s.l.], v. 8, n. 30, p.49005-49015, 7 abr. 2017.

WENG, Yu-i et al. Epigenetic influences of low-dose bisphenol A in primary human breast epithelial cells. *Toxicology And Applied Pharmacology*, [s.l.], v. 248, n. 2, p.111-121, 15 out. 2010.

WILENS, Timothy E. Effects of Methylphenidate on the Catecholaminergic System in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal Of Clinical Psychopharmacology*, [s.l.], v. 28, n. 2, p.46-53, jun. 2008.

WRIGHT, Stephanie L. et al. Microplastic ingestion decreases energy reserves

ZHANG, Yingying et al. Adult exposure to bisphenol A in rare minnow *Gobiocypris rarus* reduces sperm quality with disruption of testicular aquaporins. *Chemosphere*, [s.l.], v. 193, p.365-375, fev. 2018.

ZHOU, R. et al. Deficits in development of synaptic plasticity in rat dorsal striatum following prenatal and neonatal exposure to low-dose bisphenol A. *Neuroscience*, [s.l.], v. 159, n. 1, p.161-171, mar. 2009.