

REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS A RESPEITO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO BISFENOL DO TIPO A NA PERSPECTIVA DAS CIÊNCIAS DOS MATERIAIS

Adja Rayane Assis do Rêgo¹, Ana Liriel Cláudio Santos^{1*}, Maria Clara Medeiros
Bezerra¹, Samir Cauã Tabosa do Nascimento^{2*}

1) Ensino Médio Técnico Integrado em Mecânica, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Mossoró–RN. Correo electrónico: liriclaudio@gmail.com

2) Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza–CE. Correo electrónico: samir.tabosa@gmail.com

Enviado: Julio de 2020; Aceptado: Septiembre de 2020

RESUMO

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sistemática de artigos científicos, sob a ótica das Ciências dos Materiais, a respeito dos estudos do composto orgânico bisfenol do tipo A. Assim, a pesquisa foi fundamentada na Química Orgânica e na Física Atômica, com enfoque no estudo das propriedades físicas e químicas dos polímeros plásticos. Foi realizada a revisão consultando as bases de dados SCIELO (descriptor: bisfenol A) e Google Acadêmico (descriptor: bisfenol A), entre os anos 2000 e 2019. Como resultado, foram analisados 24 ensaios, os quais demonstram a correlação entre desreguladores endócrino–hormonais e os potenciais processos dos polímeros plásticos em que se encontra presente o bisfenol A. Assim, foi realizada uma pesquisa estatística dentro da temática desses materiais e do bisfenol A no intuito de entender como a comunidade estudantil brasileira compreende o assunto. Para isso, tomaremos por base os pressupostos teóricos de Michalowicz (2014), Beraldo (2012) e Montagner (2010), dentre outros.

Palavras–chave: Ciências dos Materiais; Química; Física; Bisfenol A; Polímeros plásticos;

ABSTRACT

This article presents a systematic bibliographic review of scientific articles, from the perspective of Material Sciences, on the studies of the organic compound bisphenol type A. Thus, the research was based on Organic Chemistry and Atomic Physics, focusing on the study of physical and chemical properties of plastic polymers. The review was carried out by consulting the SCIELO (descriptor: bisphenol A) and Google Scholar (descriptor: bisphenol A) databases, between the years 2000 and 2019. As a result, 24 trials were analyzed, which show the correlation between endocrine disruptors hormones and the potential processes of plastic polymers in which bisphenol A is present. Thus, a statistical research was carried out on the theme of these materials and bisphenol A to understand how the Brazilian student community understands the subject. For this, we will take as a basis the theoretical assumptions of Michalowicz (2014), Beraldo (2012) and Montagner (2010), among others.

Keywords: Materials Science; Chemistry; Physical; Bisphenol A; Plastic polymers

INTRODUÇÃO

Utilização do bisfenol A em resíduos plásticos. O plástico é utilizado no mundo inteiro em larga escala, principalmente em itens como as embalagens, as quais possuem diversas funcionalidades para os diferentes produtos presentes no mercado, como a conservação e a segurança. Esses plásticos são fabricados a partir de vários tipos de polímeros e aditivos, visando aprimorar suas propriedades, como flexibilidade, durabilidade, cor, etc. No entanto, plásticos e aditivos podem migrar para o alimento em condições de elevação de temperatura ou pressão, provocando a liberação de monômeros potencialmente

tóxicos para a saúde humana, como o bisfenol A (BPA).

O bisfenol A, também chamado de BPA, é um composto orgânico sintético e é um dos tipos de bisfenol entre BPF, BPA, BPS, BPAF, BPC, BPE, BPAP. Batizado como 2,2-bis(4-hidroxifenil)propano, pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), o bisfenol A é amplamente utilizado na produção de resinas epóxi (poliepóxido), sendo empregado no envernizamento interno e externo de recipientes alimentícios e na produção de policarbonato, sendo que o bisfenol A é um composto constituído por um único isômero [13] e é usado na fabricação de garrafas para água, refrigerantes, mamadeiras de bebê, e revestimento interno de latas e outros recipientes de alimentos [5] e bebidas [22].

Além disso, o bisfenol A é um dos tipos de xenoestrogênio, ou seja, um disruptor endócrino que atua na alteração de hormônios. Nesse aspecto, os desreguladores endócrinos, como BPA, podem imitar hormônios ou parte destes, que ocorrem naturalmente no corpo como estrógenos (hormônio sexual feminino), andrógenos (hormônio sexual masculino) e hormônios da tireoide, potencialmente, produzindo superestimulação e, com isso, ligam-se a um receptor em uma célula e bloqueiam a ligação endócrino-hormonal [19].

Nesse aspecto, o BPA foi produzido em quantidades de mais de 700 mil toneladas em 1996, havendo aumento anual de 5–6% em sua produção [10] e por causa da estabilidade superior, flexibilidade e resistência, as resinas epóxi-BFA são utilizadas em vários produtos, como camadas de revestimento interno de latas de alimentos, complexos dentários para obturações e embalagens de remédios [6]. Em suma, trata-se um composto amplamente usado na indústria alimentícia e farmacêutica, as quais necessitam de materiais plásticos para revestir e proteger produtos. Todavia, esses materiais podem ser considerados desreguladores do sistema endócrino humano, originando diversas doenças.

Propriedades físicas e químicas do bisfenol A. O BPA é composto por dois anéis de fenóis ligados por uma ponte de metil, com dois grupos funcionais metil ligados à ponte. A presença desses grupos hidroxilas, com as interações intermoleculares fortes de ligação de hidrogênio (–OH), caracteriza reatividade considerável do bisfenol A. Sendo representado do seguinte modo:

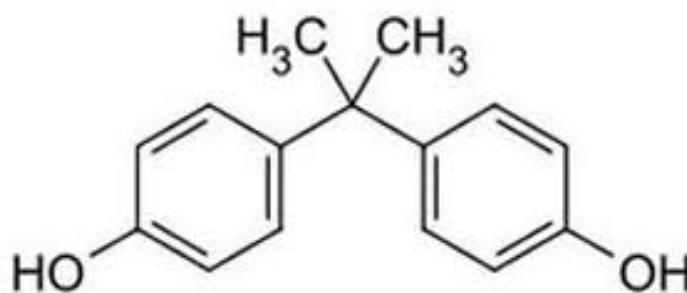


Figura 1. Estrutura do bisfenol A.

O BPA apresenta moderada partição entre água e ar devido ao fato de possuir alta solubilidade em água ($300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), baixa pressão de vapor ($5,32\cdot 10^{-6} \text{ Pa}$ à 25°C) e baixa constante de Henry ($10^{-5} - 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$) [2]. Com base nos valores de $\log K_{ow}$ (3,40) pode-se esperar que haja adsorção pelos materiais particulados, além de serem lipofílicos e terem potencial de bioconcentração [15]. Além disso, o BPA possui um peso molecular de $228,29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. À temperatura ambiente é uma substância sólida, branca, cristalina, com ponto de fusão de 156°C e ponto de ebulição de 220°C a 5 hPa [17]. Assim, trata-se de um composto orgânico reativo com grupos funcionais fenólicos.

Produção do bisfenol A. A produção do BPA pode ocorrer por dois principais métodos. O primeiro se manifesta a partir de uma condensação, normalmente de caráter industrial, que envolve a acetona e o fenol, submetidos a uma elevada temperatura e na presença de catalisadores. Em seguida, o bisfenol A sofre purificação por métodos de separação de misturas, como a destilação, a filtração e secagem. O segundo método de produção é similar ao primeiro, porém usa diferentes tecnologias de catálise e purificação, permitindo maior economia de reagentes [18].

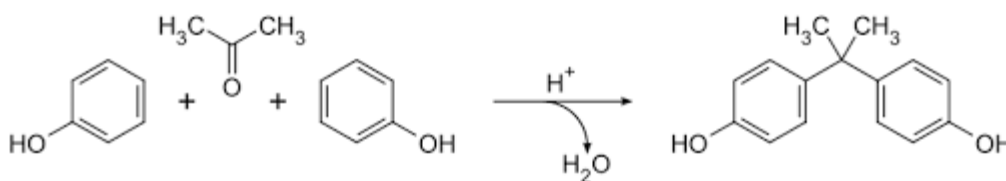


Figura 2. Reação de síntese que produz o bisfenol A.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Relação entre Ciência dos Materiais e Química. A disciplina de Ciências dos Materiais relaciona a estrutura atômica ou molecular com as características macroscópica do material, portanto, ela é capaz de auxiliar no entendimento físico e químico desse composto, visto que é possível relacioná-lo com a Química Orgânica, e com conhecimentos da Física relacionados às propriedades mecânicas e eletromagnéticas. Esse ramo da ciência estuda diversos materiais como cerâmicas, metais, polímeros, e compósitos visando algum propósito industrial, e conseqüentemente de utilização civil. Além disso, o BFA é extensamente usado na produção de plásticos, em particular os policarbonatos e resinas epóxi. Pode ainda ser encontrado em adesivos, papel para fax, tubulações, painéis de carros e produtos eletrônicos [18].

Do ponto de vista da *Engenharia e das Ciências dos Materiais*, pode-se classificar os materiais em cinco diferentes categorias, de acordo com algumas de suas estruturas ou propriedades mais características: metais, polímeros, cerâmicas, semicondutores e compósitos. Desses materiais, os polímeros assumem uma determinada influência quando se trata do bisfenol A. A relação íntima entre a Química e os materiais é muito mais antiga que a própria Química (enquanto um ramo independente da ciência). A descoberta de que metais poderiam ser produzidos a partir de rochas

minerais, os primeiros relatos de preparação de vidros e a obtenção de papel a partir da madeira são alguns dos muitos exemplos desta constatação [24].

Os polímeros são compostos macromoleculares formados por unidades menores e repetitivas: os meros que se originam dos monômeros, que são moléculas de pouca massividade e, a partir das reações de polimerização, geram a macromolécula polimérica. As propriedades físico-químicas microscópicas são refletidas na performance do material, o que explica danos que possam vir a ocorrer, como a fragilidade.

A Química no estudo do BPA e dos polímeros plásticos. O terceiro postulado de *Kekulé* descreve a capacidade que o elemento carbono tem de construir ligações químicas sucessivas (cadeias) com outros carbonos, essa característica permite a existência de vários compostos orgânicos diferentes, dentre eles estão os polímeros. Estes são importantes para o estudo do bisfenol do tipo A, pois o BPA é encontrado majoritariamente em dois tipos de polímeros: nas resinas epóxi (poliepóxido) e nos policarbonatos. Ademais, também é crucial destacar algumas estruturas moleculares e cristalinas desses, pois a liberação do composto pode ocorrer, basicamente, de três maneiras: pelo aumento da temperatura ou pressão, reações de polimerização incompletas e por causa de falhas na forma física do polímero.

Os átomos de carbono presentes na estrutura dos polímeros podem formar ligações simples ou duplas nas laterais com átomos ou radicais que estejam adjacentes à cadeia. As macromoléculas são compostas por unidades estruturais repetidas e diferem dos monômeros, estes representam a menor molécula da qual o polímero é sintetizado. Dessa forma, os hidrocarbonetos podem reagir sob condições apropriadas para se transformar em polímeros, geralmente esse processo de reação ocorre por meio de um iniciador ou catalisador, formando um centro ativo. A junção de várias unidades monoméricas a essa cadeia molecular ativa forma, então, a cadeia polimérica, essa reação pode ser chamada de reação de polimerização. Adição (poliadição), condensação (policondensação) e rearranjo são os três tipos dessas reações.

Na primeira ocorre a quebra de ligações duplas dos monômeros em uma reação rápida e exotérmica, geralmente catalisada por metais como a platina. É o principal processo de obtenção de plásticos como polietileno, PP, PVC, politetrafluoretileno (PTFE – teflon) e poliestireno (isopor). Na segunda, por outro lado, a extensão da cadeia ocorre através de reações de condensação de grupos funcionais (reações com formação de ligação entre duas moléculas, com perda de uma molécula pequena, geralmente água), como aminas, álcoois e ácidos carboxílicos. Esta reação é tipicamente mais lenta que a poliadição. Entre os polímeros produzidos desta forma estão: poliésteres (PET, *dacron*, *terylene*), poliamidas (*nylon*), silicones e policarbonato.

Apesar de o policarbonato ser um plástico durável com boa estabilidade física, resistente às altas temperaturas, a migração das substâncias indesejáveis se dá em níveis traços, durante a

esterilização do PC, revestimento epóxi das latas, embalagens de alimentos, resinas utilizadas em aplicações odontológicas (selantes dentários), e plásticos nos quais o BPA é usado como estabilizador ou antioxidante [20].

A Química dos policarbonatos (PC). Os PC (policarbonatos), conhecidos comercialmente como *Calibre*, *Iupilon*, *Lexan*, *Makrolon* ou *Merlon*, são formados pela policondensação do bisfenol A e fosgênio (COCl_2), gerando como subproduto duas moléculas de ácido clorídrico (HCl) para cada unidade repetida. Também há outras reações para a formação dos policarbonatos que substituam o fosgênio, uma delas é o uso do sal sódico de bisfenol A que libera como subproduto o cloreto de sódio (NaCl) que se precipita e pode ser facilmente separado, pois a reação ocorre em solvente orgânico. Os PC são transparentes, têm uma boa resistência ao impacto mecânico, além de uma boa ductilidade. Assim, o BPA é um monômero a partir do qual se produz o plástico policarbonato (PC), exibindo atividade estrogênica em concentrações abaixo de 1 ppt [14].

Existem, basicamente, três tipos de deformações para polímeros, um polímero frágil fratura enquanto se deforma elasticamente, um material plástico se deforma inicialmente de maneira elástica, seguido por escoamento e deformação plástica e, por último, polímeros da classe dos elastômeros que ocorre de forma totalmente elástica [7]. Os polímeros são mais suscetíveis a mudanças de temperatura próximo à temperatura ambiente, afetando suas características mecânicas como por exemplo, o comportamento tensão deformação. Um aumento na temperatura reduz o módulo de elasticidade, o limite de resistência à tração e melhora a ductilidade. Dessa forma, o policarbonato, material que apresenta elevada resistência à tração em temperatura ambiente (cerca de 62,8–72,4 Mpa), quando submetido a uma elevada temperatura pode apresentar alta ductilidade e obter deformação plástica a uma baixa tensão, ou seja, pode romper facilmente.

Nesse aspecto, os policarbonatos são classificados como polímeros termoplásticos, ou seja, reagem ao calor e são moldados sem perda de propriedade, diferentemente das resinas epóxi que são classificadas como polímeros termofixos, ou seja, polímeros que não reagem ao calor e só podem ser moldados uma vez, dessa forma o tipo de fratura que ocorre em cada polímero é diferente. De maneira geral o modo de fratura dos termofixos é frágil e ocorre por meio de concentração de tensões localizadas em entalhes, extremidades, riscos etc. Essa tensão gera uma trinca e a propagação desta leva à fratura do material por meio do rompimento das ligações covalentes na rede ou nas ligações cruzadas. Para os polímeros termoplásticos a fratura pode ocorrer de modo frágil ou dúctil ou até mesmo dúctil frágil. A fratura frágil pode ocorrer por meio de redução na temperatura, aumento na taxa de deformação, presença de entalhes e mudança na estrutura do polímero que aumenta a temperatura de transição vítrea, transição reversível de um material amorfo. No entanto, esses termoplásticos vítreos podem ser modificados de acordo com o aumento da temperatura, tornando-se dúcteis e obtendo escoamento plástico antes da fratura.

Portanto, um fenômeno que ocorre durante a fratura dos termoplásticos é a formação de fibrilações e regiões com deformações plásticas localizadas que formam micro vazios interligados, ocasionando a formação da trinca.

Relação entre o BPA e a Química Orgânica. É inegável que o conhecimento sobre Química, sobretudo Química Orgânica, exista como fundamento para o entendimento dos fenômenos físico-químicos do BPA. Alguns tópicos desse ramo estão envolvidos mais diretamente, é o caso dos três postulados que foi desenvolvido pelo químico escocês *Scott Couper*, pelo químico russo *Mikhaylovich Butlerov* e pelo químico alemão *August Kekulé* [1]. Esses norteiam a explicação sobre polímeros, pois constatou-se que pelo fato de o carbono ser tetravalente e por ser capaz de formar cadeias, é possível a formação das macromoléculas que caracterizam os polímeros. Outro tópico bastante recorrente é o das funções orgânicas que são envolvidas nas reações de polimerização por adição ou condensação. Essas funções orgânicas são hidrocarbonetos (alcanos, alcenos, alcadienos, alcinos e aromáticos), as nitrogenadas (amina, amida, nitrocompostos, nitrilas e isonitrilas) e as funções orgânicas oxigenadas (álcool, aldeído, cetona, ácido carboxílico, éter, éster, fenol e sais de ácidos carboxílicos).

Muitos materiais orgânicos mencionados são hidrocarbonetos cuja estrutura molecular é formada basicamente por hidrogênio e carbono. Nos polímeros, essa estrutura é formada por uma longa cadeia de moléculas, as macromoléculas, que possuem ligações intermoleculares fracas e ligações interatômicas covalentes e fortes. Logo, o tamanho das cadeias formadas e, portanto, sua massa molar é o aspecto principal que confere a este grupo de materiais uma série de características físico-químicas [9].

Dessa maneira, a ligação covalente é a interação forte que ocorre entre os átomos nas moléculas e as secundárias são as fracas que ocorrem entre as moléculas na cadeia. Já o tópico de mudanças no estado físico da matéria, especificamente ponto de fusão e ebulição, é um assunto que se relaciona diretamente com essas ligações secundárias, pois por estarem em maior quantidade, apesar de serem fracas, há uma mudança no rearranjo estrutural da molécula e por isso uma maior quantidade de forças concentradas na cadeia, fazendo com que seja necessário uma maior temperatura para fundir ou até mesmo vaporizar estes compostos. Por fim, os estudos sobre tipos de reações (sejam de síntese, análise ou dupla-troca) ajudam a entender o processo de polimerização responsável pela produção do bisfenol A.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fase de pesquisa via questionário online. O questionário (Apêndice A) visa verificar se a comunidade acadêmica está ciente dos malefícios dos plásticos e se possui o conhecimento do bisfenol A. Com isso, o público alvo do questionário abrange estudantes do *Brasil*, com enfoque no

estado do Ceará e do Rio Grande do Norte. O método de divulgação consistiu em compartilhar o link do questionário gerado pelo *Google Forms* em redes sociais como o *Facebook*, *Instagram*, *Twitter*, *Discord*, *Whatsapp* e *Skype*. A partir das respostas coletadas entre 25 de Março de 2020 e 9 de Abril de 2020, foi originado o seguinte gráfico:

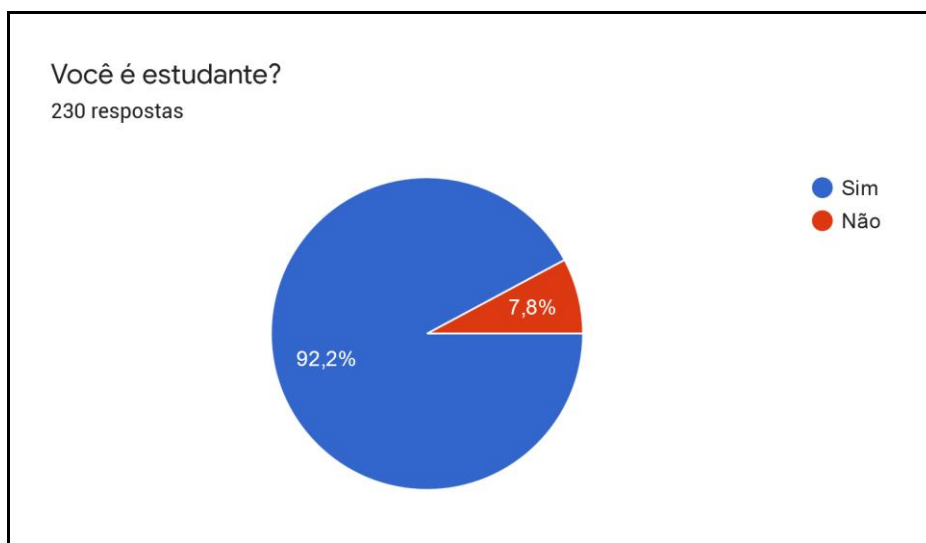


Figura 3. Gráfico que exhibe a porcentagem de estudantes que responderam ao questionário.

De acordo com o gráfico acima (Figura 3), 92,2% daqueles que responderam o questionário são estudantes, já 7,8% não são estudantes. Portanto, a análise é majoritariamente baseada na comunidade estudantil. Posteriormente, foi indagado se alguns plásticos trazem problemas à saúde: 95,7% das respostas são positivas e, 4,3%; negativas, como está indicado no gráfico abaixo (Figura 4). Compreende-se que pequena parte dos participantes dos questionários demonstrou não estar cientes dos malefícios que alguns plásticos podem acarretar à saúde.

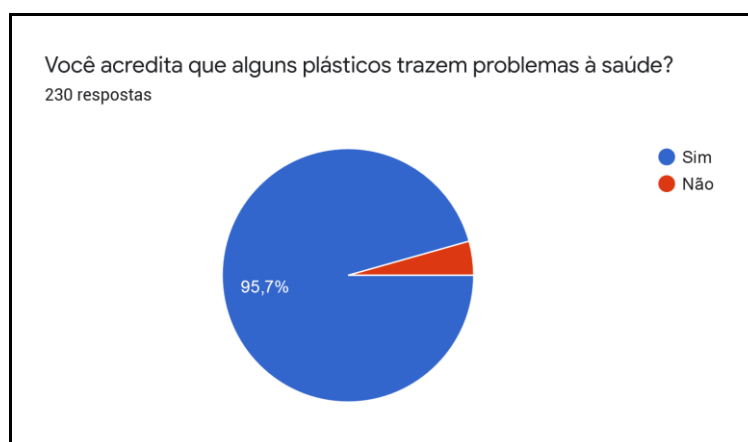


Figura 4. Gráfico que exhibe a porcentagem de respostas sobre problemas à saúde trazidos pelos plásticos.

Em seguida, por meio da pergunta “Você já ouviu falar em Bisfenol A?”, objetiva-se verificar se as pessoas integrantes da pesquisa via online estão conceituados do Bisfenol A, e da sua

nocividade à saúde. Conforme o gráfico abaixo (Figura 5), 83,5% não têm a consciência desse material, e somente 16,5% estão informados sobre o composto.

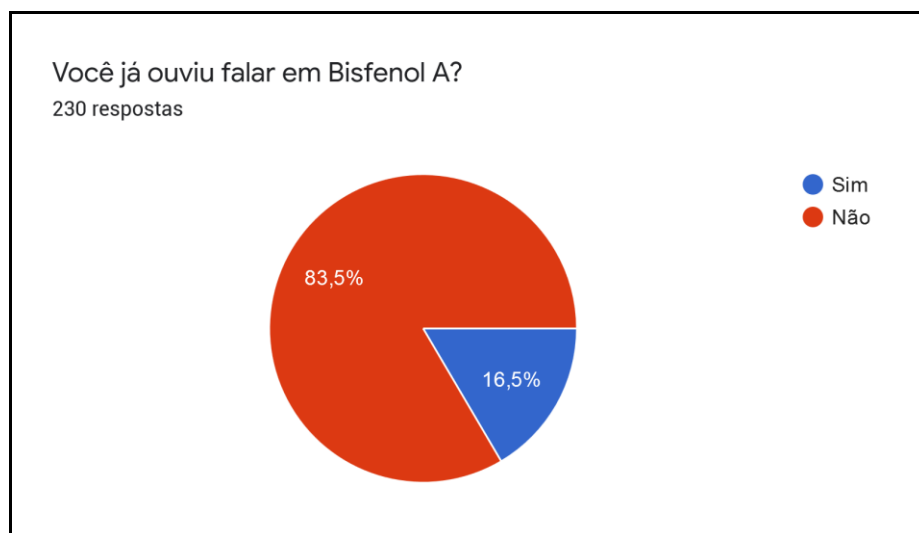


Figura 5. Gráfico exibindo a porcentagem de respostas sobre o conhecimento em BPA.

Finalmente, foi acrescentada uma seção em que os participantes do questionário poderiam compartilhar comentários livres, e, conseqüentemente, foram obtidos onze comentários, dos quais se destacaram:

- “O plástico vem trazendo uma diversidade de questionamentos, uma delas é sobre a contradição de fazer biodegradável através da batata, mas se planta batata nessa quantidade poderia acabar a fome em regiões, mas poderia ser medidas visadas na geração de emprego. Entretanto, acho que não é a discussão aqui, mas bem que poderiam colocar um aditivo ou algo parecido para que o mesmo tenha uma degradação mais acelerada...” (estudante, 2020).
- “Os plásticos poderiam parar de existir. O petróleo é usado para sua fabricação, e estamos desperdiçando combustível fóssil limitado para o nosso consumo, além de causar danos ao meio ambiente por demorar a se recompor. Existem diversos materiais biodegradáveis e sustentáveis para o uso humano. No dia que o petróleo acabar, será um caos” (estudante, 2020).
- “Não todos os plásticos, somente alguns quando aquecidos, mas não saberia identificar qual deles é, caso eu estivesse com um em mão, então considero que todos trazem substâncias tóxicas quando aquecidos, só para prevenir” (estudante, 2020).

Fase de pesquisa de artigos, livros e outros referenciais teóricos. Para embasar o estudo sobre o bisfenol A, foram consultados artigos, livros e dissertações em na modalidade digital da pesquisa. Por meio do *Google Acadêmico*, foi possível adquirir 4.810 resultados disponíveis em língua portuguesa, e 12.900 documentos abrangendo mais idiomas sendo que o embasamento

teórico utilizado engloba as línguas portuguesa, inglesa e espanhola dispondo também de material de outros países adaptados para uma das três línguas. Esses resultados foram alcançados aderindo os seguintes títulos: “Bisfenol A”, “Bisfenol A toxicidade”, “Polímeros plásticos”, entre outros. Portanto, como referencial teórico, foram selecionados 24 documentos de acordo com objetivo desse artigo, com a variação de tempo média de aproximadamente de uma década entre as publicações após a consulta dos resumos e dos textos informativos.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este artigo científico de revisão apresenta os conteúdos de uma forma sucinta e é provido de conhecimentos das áreas essenciais que englobam informações acerca do bisfenol do tipo A. Esses conteúdos estão fundamentados nas seguintes áreas: Ciência dos materiais, Química Orgânica e Física. Sendo assim, a leitura do artigo pode proporcionar um aprofundamento acadêmico relacionado ao BPA e um suporte epistemológico nas ciências mencionadas acima.

Dentre as questões levantadas nesta revisão bibliográfica, são destacadas: a importância de conhecer os malefícios dos plásticos, uma vez que a demanda e intensidade do uso de materiais plásticos no dia a dia são altas e se deve às suas propriedades e baixo custo no mercado, porém quando submetidos a certas condições podem causar prejuízos à saúde, tais como alteração do sistema endócrino, predisposição ao desenvolvimento de tumores, infertilidade, câncer de mama e de intestino entre outros problemas. Isso se dá pelo fato de certos tipos de plástico, como os policarbonatos e as resinas epóxi, conterem um composto químico estrogênico chamado de bisfenol-A que atua como um disruptor endócrino. Além das informações sobre os polímeros policarbonatos (PC) e as resinas epóxis. O artigo também é dividido em vários tópicos, que simplificam e sistematizam o estudo, estimulando a absorção dos conhecimentos.

Ademais, por meio do questionário feito e divulgado em diversas plataformas online, é possível coletar visões de várias pessoas sobre o assunto e também compreender que, em detrimento dos benefícios que os plásticos podem causar, muitas pessoas ainda não conhecem seus malefícios e por causa disso deixam de tomar certas precauções necessárias, pois mais de 190 pessoas do total de 230 afirmaram não conhecer problemas relacionados ao uso do plástico e, conseqüentemente, não saberem o que é o bisfenol A, reforçando a necessidade de mais divulgação de estudos e de análise da temática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a pesquisa estatística apresentada, pode-se afirmar que a maioria dos estudantes brasileiros avaliados não apresentou um conhecimento consistente sobre o bisfenol A como um potencial material desregulador endócrino-hormonal. Nesse sentido, é válido incentivar e continuar as pesquisas sobre o bisfenol A, tanto para confirmação de hipóteses como para construção do conhecimento científico, para então divulgá-las. Sendo assim, esta revisão bibliográfica possui as

propriedades textuais necessárias para abranger o estudo do bisfenol A como um polímero plástico, sob a ótica das Ciências dos Materiais, no formato de revisão bibliográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Atkins, P. “Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente”. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [2] Beraldo, Daniele Alves de Souza. “Desenvolvimento e validação de método analítico para análise de bisfenol A e nonilfenol em águas superficiais da cidade de Americana, SP”. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- [3] Bernardo Pem et al. Bisfenol A: “o uso em embalagens para alimentos, exposição e toxicidade” – Uma Revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo, 2015
- [4] Beserra, Marli Rocha et al. “O Bisfenol A: Sua Utilização e a Atual Polêmica em Relação aos Possíveis Danos à Saúde Humana”. *Revista Eletrônica Teccen*, [s.l.], v. 5, n. 1, p.37–45, 17 nov. 2016.
- [5] Bosch RJ et al. “El bisfenol A: un factor ambiental implicado en el daño nefrovascular.” *Nefrología* (Madrid), 36(1), 5(2016)
- [6] Brotons Já et al. “Xenoestrogens released from lacquer coatings in food cans”, *Environ Health Perspect* 1995;103:608–12.
- [7] Callister, Willian D. et al. “Ciência e engenharia de materiais: uma introdução”. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc – Livros Técnicos e Científicos, 2012. 845 p. Tradução de: Sergio Murilo Stamile Soares.
- [8] Chen, Lian–Hui et al. “Serum bisphenol A concentration and premature thelarche in female infants aged 4–month to 2–year”. *The Indian Journal of Pediatrics*, Volume 82, Issue 3, pp. 221–224, Mar. 2015.
- [9] Feitosa, J. P. M. “Funcionalização covalente e não covalente de nanotubos de carbono”. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- [10] Goloubkova, Tatiana et al. Xenoestrogênios: “O exemplo do bisfenol–A”. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, [s.l.], v. 44, n. 4, p.323–330, ago. 2000. FapUNIFESP (*SciELO*).
- [11] Groshart, C. P. et al. “Chemical study on bisphenol a”. Rikz Report, 027, July 2001.
- [12] Hoffmann, Sofia Beatris et al. “Revisão Sistemática Sobre Implicações do Uso de Embalagens com Bisfenol A – BPA para a Saúde Humana”. *Revista Caderno Pedagógico*, [s.l.], v. 13, n. 3, p.75–85, 29 dez. 2016. Editora Univates.
- [13] Jiménez Bajo, L. et al. “Sensibilización a bisfenol A y bisfenol F en trabajadores expuestos a resinas epóxi”. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, v. 54, n. 211, p. 39–45, 2008.
- [14] Leandro, Fernanda Zampieri. “Bisfenol A: validação de método e ocorrência em água superficial e tratada da cidade de Araraquara”. 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.
- [15] Lintelmann, J. et al. “Endocrine disruptors em the environment”. *IUPAC Technical Report Pure Applied Chemistry*, v. 75, n. 5, p. 631–681,2003.
- [16] Mendonça, P. C. C. et al. “Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio”. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 6, n. 1, 20 fev. 2011.
- [17] Michalowicz J. “Bisphenol A – Sources, toxicity and biotransformation”. *Environ Toxicol Phar.* 2014; 3 (2):738–58.doi:10.1016/j.etap.2014
- [18] Montagner E “*Determinação de bisfenol A em água : uma investigação na cidade de Campo Grande–MS*”. 2010. Tese (doutorado)–Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química de Araraquara, 2010
- [19] National Institute of Environmental Health Sciences. “Endocrine Disruptors”. 11 jul. 2015.
- [20] Nerín, C. et al. “Determination of potential migrants in polycarbonate containers used for microwave ovens by high–performance liquid chromatography with ultraviolet and fluorescence detection”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 5647–5653, 2003.
- [21] Silva, Amanda Thais de Melo et al. “Bisfenol a: toxicidade e impacto sobre a saúde dos pacientes na odontologia”. 2018. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Odontologia) – Curso de Odontologia, Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL, 2018.
- [22] Thoene, Michael et al. “O bisfenol A causa dano hepático e altera seletivamente a codificação neuroquímica dos nervos parassimpáticos intra–hepáticos em modelos suínos juvenis em condições fisiológicas”. *Revista internacional de ciências moleculares*, v. 18, n. 12, p. 2726, 2017.
- [23] Vidotti HA “O papel da concentração de nanofibras e da composição da matriz resinosa nas propriedades flexurais de compósitos experimentais baseados em nanofibras”. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.
- [24] Zarbin AJG “Química de (nano)materiais”, *Química Nova*, [s.l.], 30(6),1469 (2007). FapUNIFESP (*SciELO*).