

ANÁLISE DOS EFEITOS DA MIGRAÇÃO DO BISFENOL EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS DE POLITEREFTALATO DE ETILENO

Michaela dos Santos Souza¹
Vinicius Cardoso Fonseca²
Paulo Leonardo Lima Ribeiro³

RESUMO

As resinas sintéticas nos últimos anos alcançaram a liderança no setor de embalagens plásticas, devido a seu baixo custo de produção, além de atribuir propriedades de modelagem e proteção. Com isso, as indústrias de alimentos passaram a utilizar os mais variados tipos de polímeros, sendo os mais comuns o polietileno, polipropileno e o politereftalato de etileno (PET). O PET é o polímero mais utilizado dentre as embalagens plásticas e em sua formulação química são utilizados importantes insumos, dentre eles o Bisfenol A (BPA) que, em alguns casos, ficou comprovado danos a saúde. Diante disso, a presente revisão aborda os principais tipos de embalagens plásticas, a história do BPA, as vias de exposição, a toxicidade e a legislação que regulamenta os limites de consumo deste aditivo.

Palavras-chave: BPA; PET; toxicidade; embalagens plásticas; segurança de alimentos.

1 INTRODUÇÃO

As embalagens são fundamentais no processo tecnológico de desenvolvimento e construção de uma marca, uma vez que a partir dela o consumidor tem o primeiro contato com o produto, além de ser fundamental para o acondicionamento, conservação e proteção do mesmo (GONÇALVES; PASSOS; BIEDRZY; 2008). Elas são constituídas dos mais variados tipos de materiais, destacando-se as vertentes celulósicas, plásticas, metálicas e em vidro (ANVISA, 2017).

Os plásticos representam maior participação no mercado de embalagens no Brasil, correspondente a 39,42% do total, seguido pelo setor de embalagens celulósicas com 33,72% (somados os setores de papelão ondulado com 19,04%, cartolina e papel cartão com 9,47% e papel com 5,21%), metálicas com 17,55%, vidro com 4,94%, têxteis para embalagens com 2,35% e madeira com 2,02% (IBGE, 2014).

A indústria de embalagens plásticas nos últimos dez anos conquistou a liderança no setor de invólucros alimentares, sendo a principal opção substitutiva para outros materiais tradicionais por apresentar menores custos de obtenção e produção, além das excelentes

¹ Graduanda em Nutrição pelo Centro Universitário Jorge Amado, Salvador, BA, Brasil. Email: michaela_souza1@outlook.com; (71) 9.8878-8002.

² Graduando em Nutrição pelo Centro Universitário Jorge Amado, Salvador, BA, Brasil. Endereço: Avenida Aliomar Baleeiro, Sete de Abril, Salvador. E-mail: vini_vinicius11@hotmail.com ; (71) 9 9183-9297.

³ Dr e MsC Eng^a Química (UFBA); Eng^o Alimentos (UEFS).

propriedades mecânicas (rigidez e/ou flexibilidade), de barreira a vapores e gases (FABRIS et al., 2006). Desta forma, o plástico alavancou como uma tendência tecnológica pelas empresas usuárias de embalagens com forte segmentação em produtos de alimentação (PRIA, 2000).

Entre os anos de 2007 e 2011, a indústria brasileira de embalagens plásticas cresceu 7,9% ao ano, sendo os maiores usuários os mercados de biscoitos, refrescos em pó, café, salgadinhos, refrigerantes, água mineral, itens de higiene, limpeza, cosméticos entre outros (WALLIS et al., 2012). O plástico atribuiu versatilidade na aplicação, possibilidade de diferentes tipos de barreira, maior resistência, diversidade de matéria prima, assepsia, formatos e estruturas (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

O *politereftalato de etileno* mais conhecido como PET foi utilizado pela primeira vez pela *DuPont* americana, para fins têxteis no ano de 1950. Apenas no início da década de 70 esse elemento químico foi utilizado na fabricação de embalagens (KELLER et al., 2014). Com isso, as indústrias alimentícias passaram a utilizar diversos tipos de polímeros, sendo os mais comuns o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC), policarbonato (PC) e o PET (OLIVEIRA, 2013).

O PET é o polímero mais utilizado dentre as matrizes aplicadas em embalagens plásticas, sendo por sua vez sintetizado através da policondensação do ácido tereftálico com etileno glicol. Pela indústria química é aplicado principalmente na produção de garrafas plásticas por atribuir propriedades de barreira de gás, resistência e transparência e amplamente utilizada no envasamento de água mineral, chá, suco, refrigerantes dentre outros (OLIVEIRA, 2013).

Na formulação química do PET são utilizados importantes insumos como o óxido de antimônio (Sb_2O_3), no qual é fundamental para estabilidade química na presença de estabilizantes à base de fósforo, além da cor do produto final e baixo custo. Outros catalisadores também podem ser usados, tais como óxido de germânio. Entretanto, o seu alto custo inviabiliza a disseminação do mesmo na produção comercial do PET (SHIMAMOTO et al., 2011). Esses elementos devem ser adicionados em quantidades precisas e limitadas, haja vista em proporções excessivas e em condições ambientais inadequadas podem ser migrados paulatinamente para os alimentos embalados (SHIMAMOTO et al., 2011).

O nível de migração leva em consideração o tipo de material, temperatura, tempo de contato, área de contato, volume e tipo de alimento (OTERO; CARVALHO, 2014). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável pela regulamentação dessas substâncias nas embalagens, estabelecendo através da resolução da diretoria colegiada RDC nº 20 (ANVISA, 2008) que toda embalagem que entra em contato

direto com o alimento deve atender normas prescritas na lei, exigindo regulamentação específica do material utilizado, como listas de autorização da matéria prima, restrição de uso e limites de substância no produto a fim de garantir a segurança no consumo de alimentos (ANVISA, 2008).

O Bisfenol A (BPA) é um dos compostos orgânicos mais utilizados pelas indústrias de embalagens plásticas de resinas epóxi e policarbonato, a fim de garantir o envernizamento interno e externo de latas de alimentos, resistência de mamadeiras e garrações de água (BERNARDO et al., 2015). Este aditivo é formado a partir de uma junção química de dois núcleos fenólicos com uma acetona (C₁₅H₁₆O₂), sendo uma molécula de suma importância tecnológica para a indústria de plásticos e afins (SENCI, 2015). A demanda mundial desse composto cresce entre 6 e 10% por ano, sendo 95% do seu uso para a produção de polímeros sintéticos (BERNARDO et al, 2015).

Dentre as várias vias de exposição humana ao BPA, a exposição alimentar é a mais preocupante por atingir potencialmente um maior número de pessoas, além de ocorrer exposição durante longos períodos (possivelmente toda a vida) em pequenas doses sem serem detectadas. A ingestão do alimento em embalagens que contém BPA pode ocasionar o acúmulo da substância no organismo, acarretando alteração no desenvolvimento das gônadas (órgão responsável por produzir as células sexuais necessárias para reprodução) podendo levar a ambiguidade genital, puberdade precoce, câncer de mama ou próstata e infertilidade (BERNARDO et al, 2015).

Deste modo, este trabalho pretende investigar os principais efeitos toxicológicos e adversos para a saúde do BPA em produtos alimentícios embalados, tendo como base de estudos as embalagens de politereftalato de etileno, relacionando diretamente com a migração do BPA para os alimentos e a legislação de controle desse componente.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão sistemática baseada em publicações acadêmicas e científicas, como dissertações de mestrado (5), trabalho de conclusão de curso (3), artigos científicos (26) e plataformas digitais. As bases de dados utilizadas foram *Scielo*, *PubMed* e *Google Acadêmico*.

3 EMBALAGENS PLÁSTICAS E APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

O aspecto econômico é um dos fatores determinantes para a procura de embalagens de alimentos, podendo ser apresentadas como filmes, plásticos para invólucros flexíveis,

garrafas, potes, bandejas, copos entre outros (BARÃO, 2011). As embalagens plásticas são obtidas, majoritariamente, a partir de polímeros sintéticos como polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP) e polietileno tereftalato (PET), no qual a principal matéria-prima é a nafta, derivada do óleo bruto e do gás natural originados do petróleo (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

O PET é um polímero amplamente utilizado na indústria de embalagens e plásticos de modo geral, pois possui inúmeras características de propriedades físicas e químicas. A sua produção comercial se iniciou nos anos 50 após descoberta pelo professor Ziegler na Alemanha, sendo o plástico mais simples estruturalmente, formado a partir da poliadição de gás etileno sob alta temperatura e pressão, o qual se diferencia em baixa, média e alta densidade em função do processo de polimerização (OLIVEIRA, 2013).

O PEAD é obtido sobre baixas pressões e estrutura molecular composta por cadeias longas e repetidas, no qual proporciona maior grau de cristalinidade e resistência (módulo de Young) (Tabela 1) (ROCHA et al., 2013). Por conta de sua estrutura, a embalagem desses grupos possui maior rigidez, densidade e menor flexibilidade (ROCHA et al., 2013). Já o PEBD é formado por moléculas menores e é obtido sob pressões elevadas, sendo sua estrutura molecular composta por cadeias ramificadas, apresentando maior flexibilidade e menor resistência física (ROCHA et al., 2013) (Tabela 1).

O PP é um termoplástico versátil, sintetizado a partir de derivados de produtos petrolíferos, através da polimerização de propileno (ARAÚJO, 2012). Esse polímero apresenta maior resistência às rupturas e fácil modelagem, além de baixa densidade e menor custo de produção (Tabela 1) (ARAÚJO, 2012). Já o PET é um termoplástico composto pelo grupo funcional éster, podendo ser encontrado na forma transparente ou semicristalina (branca ou opaca), apresentando boa resistência, dureza e rigidez (KOMATSU, 2017).

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas e mecânicas dos principais polímeros utilizados na composição de embalagens de alimentos

	PEAD	PEBD	PET	PP
Temperatura de fusão (°C)	125 – 132	102-112	256-260	174
Densidade (g.cm ⁻³)	0,95 – 0,96	0,912-0,925	1,38	0,91
Grau de cristalinidade (%)	60 – 80	50-60	-	68
Módulo de elasticidade (Módulo de Young) (MPa)	1000	102-240	2,46-4,14	1700
Tensão de cisalhamento (MPa)	20 – 36	-	-	38
Resistência à ruptura (%)	12	6	370	400

Fonte: PIATTI (2005); FREIRE, REYES, CASTLE (1998); RIBEIRO (2014).

No que concerne às aplicações dos polímeros utilizados como embalagens alimentícias, os termoplásticos apresentam melhores características quando sujeitos a ação da pressão e calor, atribuindo possibilidades de modelagem e aderência ao produto. Os principais termoplásticos usados em embalagem de alimentos são PP e o PET, os quais são aplicados em embalagens compostas de cereais, misturas para bolo e sobremesas, carnes, aves e pescados, refresco em pó, café, refrigerantes, água, dentre outros produtos (FABRIS et al., 2006).

4 BISFENOL A (BPA): COMPOSIÇÃO E HISTÓRICO

O BPA é um composto orgânico (C₁₅H₁₆O₂) muito utilizado na indústria para fabricação de embalagens plásticas, sendo formado a partir de uma junção química de dois núcleos fenólicos com uma acetona. Através da condensação do fenol com a acetona em meio ácido a temperatura elevada na presença de catalisador (SENCI, 2015).

O BPA foi desenvolvido em 1981 na Rússia, contudo, o aditivo polimérico não foi tão aplicado no período, já que existiam outros compostos com maior carga potencial. Em 1905, as propriedades deste produto foram investigadas por Thomas Zincke, que publicou importantes artigos científicos sobre o produto, indicando que a síntese de BPA poderia ocorrer a partir de reações químicas anteriormente exploradas por outros cientistas (OTERO; CARVALHO, 2014).

Em 1953, cientistas produziram novos plásticos utilizando o BPA como matéria prima, a fim de obter uma combinação que trouxesse leveza, alto desempenho, equilíbrio entre resistência (ao calor e elétrica), estilhaçamento e transparência. Deste modo, a partir destas características, o BPA tornou-se um importante aditivo em diversas formulações poliméricas, destacando-se o policarbonato e as resinas epóxi (OTERO; CARVALHO, 2014).

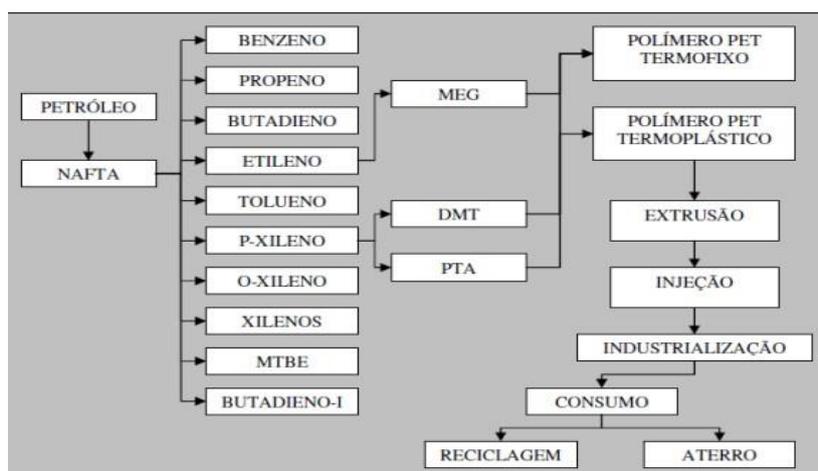
No final da década de 30, a importância dos bisfenóis ascendeu vertiginosamente com o crescimento da indústria de polímeros, o qual era aplicado como intermediário na produção de policarbonatos, resinas epóxi e poliestireno de cadeia insaturada (GUERALD, 2014).

5 POLIETILENO TEREFTALATO (PET) E O BISFENOL A (BPA)

O PET foi desenvolvido em 1941 pelos ingleses Whinfield e Dickson, sendo o primeiro poliéster de interesse comercial devido as suas características de atribuições de modelagem, resistência mecânica (impacto) e química, barreira de gases, odores e menor peso (ROMÃO et al, 2009). A cadeia produtiva do PET inicia-se no fornecimento da matéria prima

nafta ou gás natural para a produção de resinas termoplásticas (Figura 1). A transformação da resina PET em garrafas, frascos, potes entre outros, ocorre em sete etapas: secagem, alimentação, plastificação, injeção, condicionamento, sopro e ejeção do produto (ABIPET, 2006). A partir da nafta são obtidos outros produtos no quais são as matérias primas na cadeia produtiva do PET, sendo o p-xileno e etileno os quais são transformadas em pré-formas, seguindo para o engarrafador para as etapas de sopro e envase (GOUVÊA; ROSA, 2011).

Figura 1 – Fluxograma de produção das embalagens PET



Fonte: (GOUVÊA; ROSA., 2011).

As três últimas etapas da produção do PET referem-se à formação e molde da garrafa plástica, sendo o condicionamento a etapa onde ocorre o tratamento térmico a 100 °C, no qual promove a modelagem conforme o desenho da embalagem. O sopro é o processo onde a pré-forma é colocada em molde com auxílio de robôs, cuja cavidade tem a forma final da embalagem, perfazendo o estiramento final do plástico, que por fim estará pronto para o envase e venda (ABIPET, 2006) (Figura 2).

Figura 2 – Processo de modelagem da embalagem PET (M&G Investment Management Limited)



O PET tornou-se o recipiente ideal para a indústria de bebidas, já que contribui potencialmente para a redução de custos de transporte e produção (ABIPET, 2006). O BPA, na forma de flocos, cristais ou pérolas, é utilizado, majoritariamente, no processo de

fabricação de embalagens PET, tanto em escala nacional quanto mundial, melhorando a transparência, brilho e resistência das embalagens plásticas (SENCI, 2015).

6 BISFENOL: NOVAS TECNOLOGIAS

Devido às regulamentações voltadas a restrição do BPA, os fabricantes estão buscando substâncias tecnologicamente inovadoras produzidas pelo setor químico industrial, a fim de competir com o BPA. Substâncias análogas como Bisfenol S (4,4'-sulfonil bisfenol), Bisfenol B, (2,2-bis (4-hidroxifenil) butano), bisfenol F (4,4'-diidroxifenil metano) e o bisfenol AF (2,2-bis (4-hidroxifenil) hexafluoropropano) já são algumas das moléculas criadas como opções substitutivas. Porém, cabe ressaltar que tanto o BPA quanto os análogos possuem toxicidade, podendo causar os mesmos impactos a saúde, devendo ser evitados diariamente (ROCHA, 2013).

Dentre as substâncias análogas relacionadas, destaca-se o denominado bisfenol, B (BPB) (C₁₆H₁₈O₂), polímero com alto grau de cristalinidade e insolubilidade em água (BIBLIOTECA NACIONAL DE MEDICINA DOS EUA, 2005). O BPB pode ser aplicado na produção de resinas fenólicas e policarbonato, sendo utilizada no revestimento e inibição da deterioração de latas em produtos alimentícios. Porém, estudos mostraram que o BPB pode ser tão nocivo quanto o BPA, possuindo a mesma capacidade de migração e intoxicação alimentar (BIBLIOTECA NACIONAL DE MEDICINA DOS EUA, 2005).

A partir dos anos 1970 começaram a surgir suspeitas sobre os males que o BPA pode causar, mas, em decorrência de sua variedade de aplicações e do seu custo relativamente baixo para a indústria, continuou a ser utilizado e sua aplicação aumentou cada vez mais e hoje pode ser encontrado em diversos produtos feitos de policarbonato (OTERO; CARVALHO, 2014).

7 DESREGULAÇÕES PROVOCADAS PELO BISFENOL A

As substâncias presentes no BPA são capazes de interferir no sistema endócrino interagindo com os hormônios naturais, modificando sua estrutura e confundindo o sistema (COSTA, 2008). A literatura tem mostrado algumas alterações provocadas pelo BPA, como aumento do estrógeno no homem e na mulher, progressão tumoral, toxicidade gênica e aumento das chances de aparecimento de câncer do sistema reprodutor masculino e feminino (COSTA, 2008).

8 MEIOS DE EXPOSIÇÃO

O ambiente de trabalho, a indústria produtora ou o contato com solo e/ou ar são potenciais vias de contaminação do BPA. Além disso, pesquisas realizadas em diversos países apontam a presença do composto orgânico também em águas subterrâneas e até mesmo rios em quantidades pequenas (COSTA, 2008; BERNARDO et al., 2015). Dentre as principais vias de contato com o BPA, a alimentícia é a mais preocupante por abranger um número maior de pessoas e por longos períodos, sendo a exposição decorrente, majoritariamente, da utilização de recipientes plásticos para conservação de alimentos (BERNARDO et al., 2015).

O BPA pode migrar dos utensílios domésticos, copos e recipientes de grande porte para o alimento. A migração de BPA de garrafas plásticas PET ou não é a principal fonte de contaminação de água mineral. A migração depende, fundamentalmente, da temperatura e do tempo de uso do recipiente, em que quanto maior a temperatura, maior pode ser o percentual migrado (SENCI, 2015).

9 TOXICIDADE DO BPA

O BPA tem uma capacidade de atuar de diversas formas no organismo humano, sendo detectado em diversos órgãos como fígado, medula óssea, testículos, placenta, cordão umbilical e feto, além de apresentar capacidade de ser excretado no leite materno, aumentando assim a transmissão materno-fetal. As vias de exposições e toxicidade, ainda dependem de estudos que estabeleçam limites de tolerância para este componente, por ainda existir incertezas quanto ao mecanismo dele no organismo humano (TAKAI et al., 2000).

Segundo Ballesteros et al. (2009), o BPA pode afetar sistemas tanto de humanos quanto de animais, através de alterações no sistema endócrino, imunológico ou nervoso. Pesquisas mostraram que esse componente interfere na atividade do hormônio tireoidiano (T3 e T4), impede a síntese de testosterona, induz a proliferação de células de câncer de próstata, interagem com os receptores, altera a sinalização celular, inibe a modificação no DNA, além da molécula ter composições químicas que se camuflam com hormônios naturais confundindo o sistema endócrino (COSTA, 2008).

A agência nacional de vigilância sanitária determinou, em 2011, a proibição do uso de bisfenol em mamadeiras fabricadas no Brasil. A ANVISA aponta que a determinação se consolidou pelos riscos presentes na ingestão dessa substância para crianças de 0 a 12 meses, pois o mecanismo de eliminação pelo corpo humano ainda não está totalmente desenvolvido.

Assim, a ingestão de BPA diariamente, acima de 4 mcg/kg pode causar impactos durante o período fetal e lactação, comprometendo na diferenciação sexual, considerando que

essa substância é capaz de atravessar a placenta e concentrar-se no líquido amniótico. Os efeitos de desenvolvimento e diferenciação dos órgãos dependem não só da dose, mas também da exposição pré-natal precoce (CAMARCA et al., 2016).

10 BPA: LIMITES DE ACEITAÇÃO EM EMBALAGENS

A Anvisa também regulamenta os materiais plásticos em contato com o alimento, apresentando lista de substâncias autorizadas, aditivos e suas respectivas restrições. As restrições são estabelecidas a fim de assegurar a segurança do consumidor e do produto acondicionado (ANVISA, 2008). Em função dos riscos potenciais do BPA, foram requisitadas determinações restritivas quanto ao seu uso (MORANDI, 2011).

O BPA é proibido apenas na fabricação de mamadeiras, como medida de precaução devido ao público mais vulnerável (lactentes), no entanto a substância é autorizada pela ANVISA para uso em materiais plásticos e revestimento de latas, desde que atenda aos limites de migração, sendo consideravelmente segura a utilização da substância na produção das embalagens, devido à falta de evidências científicas concretas que justifique sua ampla proibição .

Segundo a RDC nº 17 de 2008 (ANVISA, 2008), o limite de migração específica permitida de BPA é de 0,6 mg/kg, independentemente do tipo de embalagem utilizada pelo alimento. Além do fator de migração. A *European Food Safety Authority* (EFSA) estabeleceu em 2006 o valor de *Tolerable Daily Intake* (TDI), ou seja, a ingestão diária tolerada de 0,05 mg/kg do peso corpóreo, que pode ser ingerida por toda vida sem riscos evidentes a saúde, contrariando grande parcela das pesquisas (EFSA, 2006).

Os cientistas da EFSA afirmaram também que a exposição da dieta ou combinação de fatores (cosméticos, papel entre outros) estão consideravelmente abaixo do nível de TDI do BPA nos alimentos, ou seja, a quantidade não representa risco para a saúde dos consumidores porque a exposição atual ao produto químico é baixa demais para causar danos. Porém destacam que o BPA pode sim trazer malefícios a saúde. Os cientistas manifestam que apenas com altas doses (Centenas de vezes acima do TDI) podem levar efeitos adversos no rim e fígado, os possíveis efeitos no sistema reprodutivo, nervoso, imunológico, metabólico e cardiovascular e o desenvolvimento de câncer, não são considerados como possíveis no momento, mas não podem ser excluídos (EFSA, 2006).

11 CONCLUSÃO

Os polímeros revolucionaram o estilo de vida da sociedade atual, empregando novas tecnologias a produção das embalagens, melhorando a qualidade, segurança, transporte entre outros. As embalagens assumem um papel de grande relevância na indústria alimentar e na vida dos consumidores, porém, apesar das vantagens, advém também perigos no contato direto dos invólucros com os alimentos, por apresentarem em sua constituição substâncias químicas de potencial tóxico, no qual deve ser regulada evitando malefícios a saúde.

A migração de análogos e principalmente do BPA tornou-se assunto de saúde pública, por estar relacionado ao aparecimento de danos à saúde, devido ao consumo desses componentes concentrado nos alimentos, sendo transmitido principalmente pela via oral. O fator de migração dessas substâncias é influenciado por diversos fatores, como temperatura, tempo de contato dentre outros.

Como analisado nesta revisão de literatura, verificou-se os efeitos toxicológicos do BPA, tendo como base de estudos as embalagens politereftalato de etileno.

Devido as controversas sobre o BPA, a substância continua sendo utilizada como componente na produção das embalagens, porém com regulamentações quanto a restrição e limite de uso. Portanto, torna-se necessário promover estudos conclusivos sobre a utilização do BPA e os riscos a exposição humana, visando a proteção da saúde de consumidores e da população.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Bisfenol A**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/embalagens/bisfenol-a>>. Acesso em: 17 abr. 2018.
- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 17, de 17 de março de 2008**. Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre Lista Positiva de Aditivos para Materiais Plásticos destinados à Elaboração de Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos. Disponível em: http://file.abiplast.org.br/download/2017/Res-RDC-17_17marco2008.pdf. Acesso em: 17 out. 2018.
- ARAÚJO, JORGE F. **Estudo de Propriedades Mecânicas do Polipropileno Moldado por Injeção em Insertos de Resinas**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná. 2010.
- ABIPET. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PET. Resina PET. **ABIPET**, c2012. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=65>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.
- BARÃO, Mariana Z. Embalagens para produtos alimentícios. **Instituto de tecnologia do Paraná**, 2011. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossietecnico/downloadsDT/NTY0MQ==>. Acesso em: 25 fev. 2018.

- BERNARDO, Paulo Eduardo Masselli et al. Bisfenol A: o uso em embalagens para alimentos, exposição e toxicidade – Uma Revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 1, p. 1-11, 2015.
- GONÇALVES, Alex Augusto; PASSOS, Marcelo Gonzalez; BIEDRZYCKI, Aline. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 4, n. 3, p. 271-283, 2008.
- CAMARCA, Alessandra et al. Human peripheral blood mononuclear cell function and dendritic cell differentiation are affected by bisphenol-A exposure. **PloS one**, v. 11, n. 8, 2016.
- COSTA, Luiz Antonio. **Desenvolvimento e validação de metodologia de análise de Bisfenol A em amostras de águas naturais por CG-EM**. 2008. 65 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Departamento de Hidráulica e Transportes, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2008.
- EFSA. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Bisfenol A**. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/bisphenol> . Acesso em 17 nov. 2018.
- FABRIS, Samanta; FREIRE, Maria Teresa de A.; REYES, Felix G. Reyes. Embalagens plásticas: tipos de materiais, contaminação de alimentos e aspectos de legislação. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 19, n. 2, p. 59-70, 2006.
- FREIRE, Maria Teresa de A.; REYES, Felix GR; CASTLE, Laurence. Estabilidade térmica de embalagens de poli (tereftalato de etileno (PET): determinação de Oligômeros. **Polímeros – Ciência e Tecnologia**, v. 8, p. 46-53, 1998.
- GOUVÊA, Maira Elizabeth Vicente; ROSA, Rafaela Gutierrez. **Estudo de caso da viabilidade do reciclo de garrafa PET**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011.
- GUERALD, Camila Cunha T. Degradação do Bisfenol A na presença de ácido tioglicólico: estudo da influência dos parâmetros em reator batelada com recirculação empregando-se o processo. 2014. 67fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2014. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Embalagens**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfbr_embalagem/notas_metodologicas.shtm>. Acesso em: 25 out. 2018.
- KELLER, Isabelle; VICENTE, Fabiola; SANTOS, Robson. **Um Novo Formato de Garrafa PET**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 11, out. 2014. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/3242_0339.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- KOMATSU, Kamila Yoko Carvalho. **A Estruturação dos Modelos de Negócio Circularesna Cadeia Produtiva das Embalagens Plásticas PET**. 2017.122 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) –Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- MORANDI, Carlo Gottardo. **Síntese, caracterização e otimização de membranas Poliméricas adsorventes para a remoção de Disruptores endócrinos de águas residuais**. 2011. 54fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) Escola de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- OLIVEIRA, Wellington da Silva et al. **Estudo do potencial de migração de materiais plásticos utilizados para fabricação de mamadeiras**. 2013. 90fls. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimento) –Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

OTERO, Cleber Sanfelici; CARVALHO, Marilza Simonetti. **Bisfenol-A E os efeitos da substância no desenvolvimento humano: a violação oculta dos direitos da personalidade na transparência e resistência do plástico**. Publica Direito,, 2014. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=eadd2c9c45ec261d>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: **Edufal**, p. 51, 2005. PRIA, Marcelo Dalla. As tendências da indústria de embalagens. **Brasil alimentos**, v. 4, p. 35-40, 2000. RIBEIRO, Paulo Leonardo L. **Efeito da glicerina residual do biodiesel e de estirpes microbianas (cupriavidus necator ipt 027 e burkholderia cepacia ipt 438) na produção, propriedades e composição de copolímeros de polihidroxicanoatos**, 2014. 99 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ROCHA, César A.; SILVA, Elton De F.; SOUZA, Roberta Cristina C. **Polímero de entretenimento: uma macromolécula biodegradável**. 2013. 91 fls. Monografia (Bacharelado em Química) – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins, 2013.

ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ, Marcia A.S.; PAOLI, Marco A de. Poli (Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 121-132, 2009.

SENCI, Rafaela. **Efeitos do bisfenol A: um desregulador endócrino**. 2015. 73fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2015.

SHIMAMOTO, Gustavo G. et al. Quantificação de antimônio em garrafas de politereftalato de etileno (PET) brasileiras por fluorescência de raios-X e avaliação quimiométrica para verificar a presença de pet reciclado através do teor de ferro. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1389-1393, 2011.

TAKAI, Yasushi et al. Preimplantation exposure to bisphenol A advances postnatal development. **Reproductive Toxicology**, v. 15, n. 1, p. 71-74, 2000.

WALLIS Graham; WEIL Daniel, MADI Luis FC. O mercado de embalagem: mundo e Brasil. *In*: SARANTÓPOULOS, Claire Isabel G. L.; REGO, Raul Amaral (ed.). **Brasil pack trends 2020**. 1 ed. Campinas: ITAL; 2012. Cap 1. 23-38p.