

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**LARISSA TELEGINSKI**

**DETERMINAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUA MINERAL  
ARMAZENADO EM GARRAFÕES DE POLICARBONATO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**LARISSA TELEGINSKI**

**DETERMINAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUA MINERAL  
ARMAZENADO EM GARRAFÕES DE POLICARBONATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, da Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Maria Carolina de Oliveira Ribeiro

**PONTA GROSSA**

**2016**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### DETERMINAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUA MINERAL ARMAZENADO EM GARRAFÕES DE POLICARBONATO

Por

LARISSA TELEGINSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em cinco de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Maria Carolina de Oliveira Ribeiro  
Prof.<sup>a</sup> Orientadora

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Eliana Aparecida Fagundes Queiroz Bortolozo  
Membro titular

---

Prof. Dr. Eduardo Sidinei Chaves  
Membro titular.

A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica –

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me proporcionou coragem e força para continuar até o fim dessa caminhada. Agradeço aos meus pais e aos demais familiares por sempre estarem ao meu lado, dando apoio e incentivo para seguir em frente. Ao meu namorado e aos amigos pelo companheirismo e por lutarem comigo para a realização dos meus objetivos.

E minha gratidão em especial a Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Carolina de Oliveira Ribeiro pela orientação, incentivo e comprometimento, ao Prof. Eduardo Chaves pelas contribuições, sugestões e apoio para o desenvolvimento deste trabalho, e a mestrando Flávia Aparecida Henrique pela cooperação na execução das atividades.

Toda ação humana, quer se torne positiva ou negativa, precisa depender de motivação.

(Dalai Lama)

## RESUMO

TELEGINSKI, Larissa. **Determinação de Bisfenol A em Água Mineral Armazenado em Garrações de Policarbonato**. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso Tecnologia em Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O Bisfenol A é um monômero utilizado na fabricação de plásticos como o policarbonato e em resinas epóxi. Esse composto é considerado como desruptor endócrino que atua no sistema hormonal causando danos ao seu funcionamento, agem também com ação estrogênica, aumentando a proliferação de células do câncer de mama e de prostata. Utilizando-se como técnica de detecção do composto a Cromatografia Líquida de alta Eficiência (HPLC), desenvolveu-se o método de análise para a detecção do bisfenol A (BFA) presente neste trabalho. O limite de detecção estabelecido para as análises foi de 0,1mg/L. As amostras analisadas foram coletadas de um único garrafão de água mineral, em um intervalo de oitenta dias. Com amostras submetidas ao processo de extração do bisfenol A encontrou-se concentrações do composto que variam na faixa de 0,1 mg/L a 32,82 mg/L, encontrando-se assim, acima do limite permitido pela legislação que é de 0,6 mg/L. Com a metodologia foi possível verificar que o bisfenol A pode migrar de embalagens de garrações de água mineral em grandes concentrações de acordo com o tempo de armazenagem no produto no recipiente.

**Palavras-chave:** Bisfenol A. Policarbonato. Água Mineral.

## ABSTRACT

TELEGINSKI, Larissa. **Determination of Bisphenol A in Mineral Water Stored in Polycarbonate Bottles**. 2016. 32 p. Work of Conclusion Course Graduation in Food Technology - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Bisphenol A it is a monomer used in manufacturing of plastics such as polycarbonate and epoxy resins. This compound is considered as endocrine disruptor that acts on the hormonal system, causing damage to its functioning. It also has an estrogenic action, increasing the proliferation of breast and prostate cancer cells. The analytical method applied was developed by using a high efficiency liquid chromatography (HPLC) technique. The Limit of quantification established the analysis of were 0,1 mg/L. The analyzed samples were collected from a single carboy of mineral water at in an interval of eighty days. In samples submitted to the bisphenol A extraction process, the concentrations of the compound varied within the range of 0,1 mg/L to 32,82 mg/L, thus, being above the legal limits that is 0,6 mg/L. It has been found that BPA can migrate from bottled of mineral water, depending on to the shelf life of the packed product.

**Keywords:** Bisphenol A. Polycarbonate. Mineral Water.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reação de Síntese de Resina de Policarbonato.....	17
Figura 2 – Estrutura Química do Bisfenol A .....	18
Figura 3 – Curva Analítica do Bisfenol A.....	23
Figura 4 – Cromatograma de Comparação das Amostras de Água Mineral e a Curva Analítica .....	25
Figura 5 – Cromatograma de Comparação das Amostras de Água Mineral após a Extração .....	25
Figura 6 – Cromatograma de Comparação das Amostras de Água Mineral sem a Extração .....	26
Gráfico 1 – Otimização do tempo de Vórtex.....	24



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros e Mérito .....	22
Tabela 2 – Área e Concentração de Bisfenol A em Água Mineral.....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BFA	Bisfenol A
DE	Desreguladores Endócrinos
ELL	Extração Líquido-Líquido
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência ( <i>High Performance Liquid Chromatograph</i> ).
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de Quantificação
PC	Polycarbonato
PET	Politereftalato de Etileno
PVC	Policloreto de Vinila
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RPM	Rotação por Minuto

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
g	Gramma
Kg	Kilogramma
L	Litro
mg	Miligramma
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mol	Massa Molecular
nm	Nanometro
V	Volume
µL	Microlitro

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1	Embalagens.....	16
3.2	Bisfenol A.....	17
3.2.1	Toxicidade .....	18
3.2.2	Aspectos Legais .....	19
3.2.3	Determinação do Bisfenol A .....	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	21
4.1	Coleta de Amostras .....	21
4.2	Limpeza de Vidrarias .....	21
4.3	Condições Cromatográficas.....	21
4.4	Construção da Curva Analítica e Parâmetros de Mérito.....	22
4.5	Extração do Analito.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1	Otimização do Processo de Extração.....	24
5.2	Bisfenol A em Amostras de Água Mineral.....	24
6	CONCLUSÃO .....	28
	REFERÊNCIAS .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a grande exposição a agentes químicos por via alimentar, sua pesquisa se torna cada vez mais estimulante, pois atinge a maior parte da população, e é gradativa, acontecendo em pequenas quantidades em um longo período, praticamente a vida toda. Dentre os diversos tipos de contaminação, é possível citar a migração dos componentes presentes na formulação das embalagens destinadas ao acondicionamento dos alimentos.

O bisfenol A (BFA) é um monômero industrial produzido em larga escala. Sua demanda cresce entre 6 a 10% por ano, sendo que mais de 90% de seu uso é para produção de polímeros sintéticos (BERNARDO et al, 2015). Destaca-se por exemplo a fabricação de resinas epóxi, aplicadas no envernizamento interno e externo de latas de alimentos, e do policarbonato, polímero com aplicação em recipientes domésticos, mamadeiras e garrações de água mineral. Em ambos os casos, o BFA é o monômero base para a síntese dos materiais citados, que entram em contato direto com os alimentos. Nos garrações de água mineral o BFA está presente no policarbonato, pois é o principal agente de formação desse polímero. Essa substância pode migrar para o produto através de fatores como tempo de armazenagem, temperatura ou pressão mecânica.

Recentemente a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou através da Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 41, de 16 de setembro de 2011 a proibição da fabricação e importação de mamadeiras para alimentação de lactantes (crianças menores de doze meses de idade) que contenham o BFA, por trazer danos a saúde mesmo em pequenas doses para esta faixa etária (ITAL,2012).

O efeito da ingestão do BFA no organismo vem ganhando cada vez mais destaque, pois o composto é considerado com ação estrogênica, causando alterações nas funções hormonais e no sistema endócrino. Além disso, dados do *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC) apontam efeitos no sistema imunológico, proliferação de células de câncer de próstata e de mama, e bloqueio da síntese de testosterona (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2010).

Considerando a importância de uma possível migração do BFA presente nas embalagens contaminar o alimento nela acondicionado, e dos riscos a saúde, a

presente pesquisa tem como objetivo avaliar a concentração do composto em amostra de água mineral envasadas em garrações de 20 Litros, e verificar se existe relação entre o tempo de envase e a concentração do BFA na água mineral. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Determinar a migração específica do bisfenol A na água mineral armazenado em garrafões de policarbonato, no período de oitenta dias.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer as condições instrumentais para determinação do BFA em HPLC.
- Otimizar o processo de extração do composto.
- Determinar a concentração do BFA em amostras de água mineral armazenados em garrafões de 20 litros.
- Correlacionar a concentração de BFA com o tempo de armazenamento do produto.
- Comparar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação em vigência.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 EMBALAGENS

As embalagens tem um papel fundamental na indústria alimentícia pois além de conter o produto tem a função de garantir sua conservação mantendo a qualidade e segurança do alimento, pois atuam como barreira contra deterioração física, microbiológica e química (JORGE, 2013).

Dentre os materiais utilizados para acondicionar os alimentos pode-se destacar as embalagens plásticas, pois no contexto econômico e mercadológico é a principal alternativa para substituir embalagens mais caras como vidros e metal (CASTRO; POUZADA, 2002).

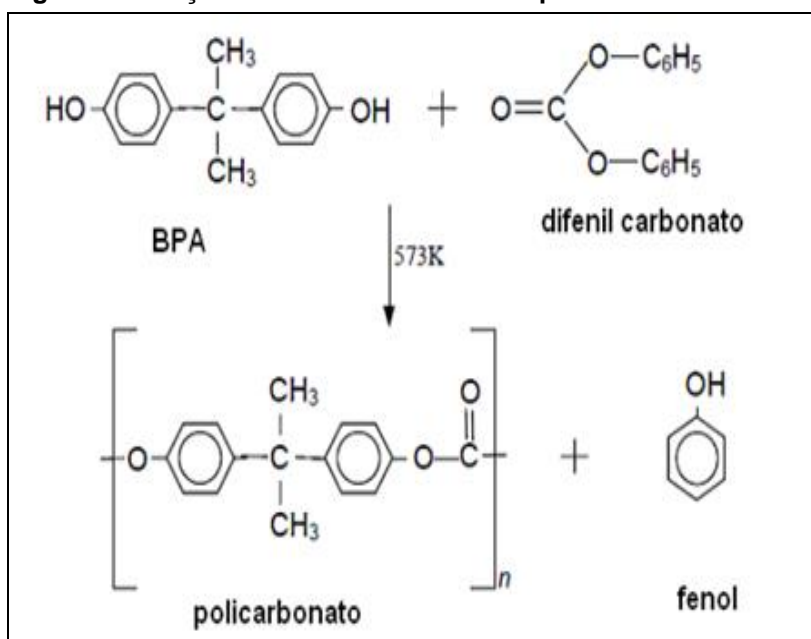
A indústria de bebidas representa cerca de 90% do mercado brasileiro de embalagens plásticas, sendo o maior destaque no envase de água mineral (SACHELLI, 2012). O mercado de água mineral está direcionado para dois segmentos, o consumo de mesa (garrafas contendo de 0,3 a 5 L) e os garrafões retornáveis (contendo 5, 10 e 15L). Os principais polímeros utilizados no segmento de retornáveis são o policarbonato (PC) que representa cerca de 95,7% , seguidos do politereftalato de etileno (PET) e do policloreto de vinila (PVC) (SAKAI, 2013).

O policarbonato é um poliéster linear do ácido carbônico, sendo classificado como o mais simples dos poliésteres. Sua primeira produção comercial foi realizada em 1959 pela empresa General Electric (GÓMEZ; RUBIO; BENDITO, 2009). Sua síntese é realizada através de uma reação de transesterificação entre um composto aromático hidroxilado (BFA) e o carbonato de difenila (BERNARDO et al, 2015). Porém em sua grande maioria os PCs comerciais são produzidos a partir da reação do BFA com cloreto de carbonila, utilizando um processo interfacial, por ser economicamente mais viável do que o processo de transesterificação (JORGE, 2013; SARANTÓPOLOS et al. 2002).

A Figura 1 representa a reação de síntese do PC a partir do processo de transesterificação do difenil carbonato.



**Figura 1 - Reação de síntese de resina de policarbonato**



Fonte: Rykowska e Wasiak (2006)

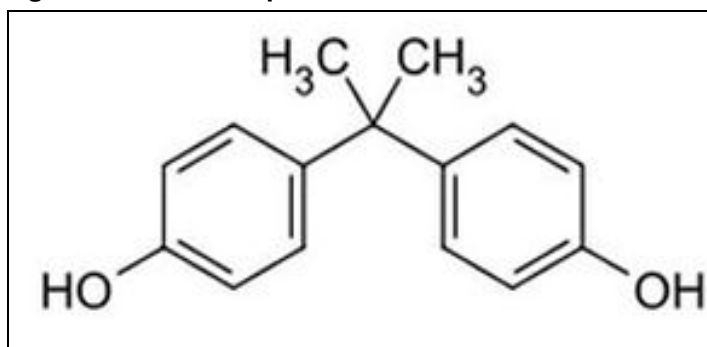
Segundo Jorge (2013), uma das características físicas do policarbonato (PC) é sua resistência mecânica e térmica, a presença do carbonato em sua estrutura molecular é um dos fatores que torna o PC um dos plásticos mais rígidos e duráveis.

O PC moldado por injeção ou sopro é largamente empregado na forma de garrafas retornáveis ou recipientes reutilizáveis, tornando-se expressivo seu uso na fabricação de garrafões retornáveis utilizados para envase de água mineral (ENCARNAÇÃO, 2007).

### 3.2 BISFENOL A

O BFA foi descoberto pelo russo A.P. Dianin, no ano de 1891 (MONTAGNER, 2013), e é o monômero mais comumente empregado na fabricação de embalagens de alimentos. É constituído por dois anéis fenólicos ligados por uma ponte de metil, com dois grupos funcionais metil ligado à ponte. A presença de grupos hidroxilas no BFA determina a sua boa reatividade (MICHALOWICZ, 2014).

A Figura 2 representa a estrutura química do BFA.

**Figura 2 - Estrutura química do Bisfenol A**

Fonte: BERNARDO et al, 2015 (modificado)

Segundo Maia *et al.* (2010), a demanda de BFA cresce entre 6 e 10% por ano. Tendo a fabricação de polímeros como o policarbonato (65% dos polímeros produzidos), resinas epóxi (30% dos polímeros produzidos) e resinas poliésterestireno insaturada, como principais utilizações do composto. Estima-se que 95% do BFA produzido industrialmente é utilizado, para produzir resinas de policarbonato e epóxi, sendo os 5% remanescentes usados em uma variedade de outros produtos (BERNARDO et al, 2015). O BFA é essencial no processo de produção do policarbonato, pois em sua fabricação, o policarbonato é sintetizado a partir deste monômero (JORGE, 2013).

### 3.2.1 TOXICIDADE

O BFA é considerado uma substância com atividade estrogênica comprovada, essa capacidade foi descoberta acidentalmente por Krishnan em 1993, quando foi observado que o composto sofria migração de recipientes de policarbonato quando autoclavadas (ZHANG et al., 2006, citado em MAGRO, 2013). A partir desta descoberta os pesquisadores comprovaram que o contaminante está relacionado ao grupo de substâncias denominadas como desreguladores endócrinos, apresentando alterações no organismo mesmo em doses baixas (GOLOUBKOVA; SPRITZER, 2000).

Para o Programa Internacional de Segurança Química (IPCS), um desregulador endócrino (DE) é definido como uma substância ou mistura exógena que altera a função do sistema endócrino e conseqüentemente causa efeitos adversos no organismo (COMISSÃO EUROPEIA, 2016).

Os DE atuam no organismo interferindo no funcionamento do sistema endócrino, podendo alterar suas funções de três maneiras: (1) minimizam ações de hormônios como o estrogênio e a testosterona, afetando assim as funções controladas por eles; (2) impedem a ação dos hormônios naturais, pois bloqueiam os receptores hormonais nas células; (3) alteram as concentrações dos hormônios naturais no corpo, pois a síntese, o transporte e a excreção dos hormônios são afetados (FONTENELE et al, 2010).

Além de ser considerado um DE o BFA tem capacidade de atravessar a barreira placentária podendo causar anormalidades ao feto dependendo do período de gestação. Durante a gestação as substâncias que alteram o sistema hormonal tireoidiano podem afetar o desenvolvimento intelectual e comportamental do feto (BERALDO, 2012). Pesquisas recentes indicaram que a substância tem potencial de interferir nas atividades do hormônio tireoidiano, e induzir a proliferação de células de câncer de próstata e de mama (KOIFMAN, 2003; BAIRD, 2002; citado em JÚNIOR, 2014). Além disso alguns DE como o BFA, são denominados como “obesógenos” (substâncias químicas que promovem o aumento do peso), pois comprometem a função de células beta no pâncreas, que são responsáveis pela produção da insulina causando um aumento de peso e maior susceptibilidade ao diabetes tipo 2 (GRUN; BLUMBERG, 2006).

### 3.2.2 ASPECTOS LEGAIS

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), elaborou uma resolução específica para os materiais que podem entrar em contato com o alimento e as quantidades máximas de substâncias que podem migrar da embalagem para o alimento. Esta norma tem como objetivo de regulamentar e restringir o uso de componentes potencialmente tóxicos na composição da embalagem e no controle de migração (ANVISA, 2000; BARÃO, 2001).

Os componentes permitidos, destinados a materiais plásticos para uso em embalagem e equipamentos que entram em contato com o alimento está regulamentado da Resolução RDC nº 17, de 17 de março de 2008 (ANVISA, 2008). Outra legislação relevante é a Resolução RDC nº 41, de 16 de setembro de 2011 que em seu artigo 1º, proíbe a fabricação e importação de mamadeiras para

alimentação de lactentes (crianças menores de doze meses de idade) que contenham BFA em sua composição (ANVISA, 2012).

A União Europeia a fim de garantir a segurança da saúde da população publicou através da EFSA (European Food Safety Authority) um regulamento (EU) nº 10/2001, de 14 de janeiro de 2001 que autoriza o uso da substância BFA em embalagens plásticas destinadas a entrar em contato direto com o alimento, com um limite de migração de 0,6 mg de BFA/Kg de alimento, excluindo apenas o uso do material plástico policarbonato em fabricação de mamadeiras e produtos destinados a lactentes (UNIÃO EUROPEIA, 2011).

No Brasil ficou determinado pela ANVISA na RDC nº 17, de 17 de março de 2008 que o limite de restrição para a migração do componente é de 0,6 mg/Kg de alimento. (ANVISA, 2008).

### 3.2.3 DETERMINAÇÃO DO BISFENOL

Na literatura encontra-se variadas formas de extração e detecção do BFA. As formas de extração que são mais comumente usadas em amostras que contenham baixas concentrações variam entre extração líquido-líquido (ELL) e extração sólido líquido (SPE). Outra técnica de remoção que pode ser utilizada é a adsorção em carvão ativado, que são eficazes para extração em amostras gasosas e líquidas (HARO, 2013). Para os solventes mais utilizados no processo de extração a diclorometano e a acetonitrila, são destacados como os mais eficientes (MONTAGNER).

Dentre as formas de detecção do composto pode-se citar como métodos mais eficientes a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, e a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Para ambo os métodos os parâmetros de análise são muito diversificados, podendo alterar o solvente, a coluna e a fase móvel.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 COLETA DE AMOSTRAS

As amostras de água mineral foram coletadas de um único fabricante localizado na cidade de Ponta Grossa – PR. Foram realizadas quatro coletas de um galão de água mineral de 20 litros envasado no dia 02 de setembro de 2016. As coletas foram realizadas em três etapas, a primeira foi retirada logo após o envase (A1), a segunda amostra foi retirada 30 dias após o envase (A2), a terceira amostra foi retirada 60 dias após o envase (A3) e a quarta amostra retirada 80 dias após o envase (A4).

Após a coleta, as amostras foram transferidas para um frasco de vidro estéril. Durante o tempo de amostragem o galão permaneceu estocado em temperatura ambiente.

### 4.2 LIMPEZA DE VIDRARIAS

O material utilizado nas análises foi lavado com detergente neutro e água corrente, seguido de enxágue com água ultra pura. A secagem foi em temperatura ambiente, seguido de ambientação com a fase móvel utilizada na cromatografia.

Foi evitado qualquer material plástico para não acontecer uma possível contaminação pelo BFA.

### 4.3 CONDIÇÕES CROMATOGRÁFICAS

As análises foram efetuadas em Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência modelo YL – 9100 (Young Lin Instrument Co., Ltd), utilizando sistema isocrático, com bomba Quaternary pump YL9110, injetor manual, com loop de 20 µL, detector YL 9120 UV/VIS e coluna Luna 5µ C18 (150 x 4,6 mm) operado em 230 nm. A fase

móvel utilizada foi constituída de metanol 99,8% (Vetec Química) / água ultra pura, na proporção 55:45 v/v, com fluxo de 1,2mL/min e corrida de 13 minutos.

Para a geração dos cromatogramas e quantificação dos analitos foi utilizado o *software* YL – Clarityf (Chromatograf Data System).

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DA CURVA ANALÍTICA E PARÂMETROS DE MÉRITO

O desempenho do sistema analítico (HPLC) foi avaliado com soluções padrões do analito para se determinar a resposta do equipamento quanto à linearidade, limites de detecção e de quantificação.

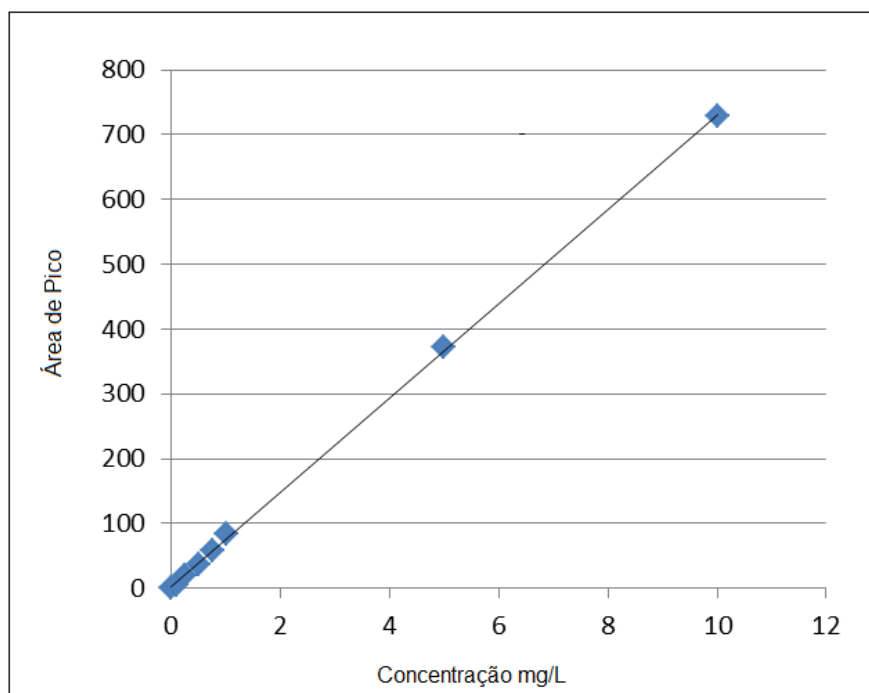
A determinação da curva analítica foi traçada a partir da solução padrão de concentrações conhecidas. O BFA utilizado para o preparo da solução tem como grau de pureza 99,8% (LABSYNTH). A curva analítica foi constituída em intervalos de 0,1; 0,25; 0,75; 1,0; 5,0; e 10 mg/L. Obtendo o valor de  $R^2$  da curva de 0,9997.

O resultado da equação obtida pela regressão linear da curva analítica,  $y = bx + a$ , seu respectivo coeficiente de correlação (R), o limite de quantificação e a RSD podem ser visto na Tabela 1. A curva analítica obtida do BFA é apresentada na Figura 3.

**Tabela 1 – Parâmetros de Mérito**

Parâmetro	Faixa Linear mg/L	Coefficiente de Correlação ( $R^2$ )	LOQ, mg/L	RSD, (n=3), %
	0,1 - 10	0.9997	0,1	0,076

**Fontes: Elaborada pelo Autor**

**Figura 3 – Curva analítica do Bisfenol A**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

#### 4.5 EXTRAÇÃO DO ANALITO

A extração do BFA foi efetuada por Extração Líquido Líquido (ELL). O solvente utilizado foi o diclorometano com grau de pureza 98,8% (BIOTEC). A otimização do processo de ELL foi realizada variando o tempo de vortex (KASVI K45-2820).

Em tubo de ensaio foram adicionados 5 mL de diclorometano e 15 mL de água mineral, na sequência as amostras foram homogeneizadas no vortex por 30 segundos para a extração do BFA, o sobrenadante foi retirado e descartado. Em seguida foi transferido 2 mL do analito em tubos de ensaio, que permaneceram em estufa a temperatura de 60°C para a evaporação do solvente.

Após a evaporação total do solvente foi adicionado 500µL da fase móvel, e levado ao banho ultrassônico para a dissolução completa do material.

As amostras, depois de dissolvidas, foram centrifugadas (centrífuga Hettich MIKRO 200) por 1 minuto a 14.000 RPM para completa homogeneização e na sequência, injetadas no cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC) para identificação do BFA.

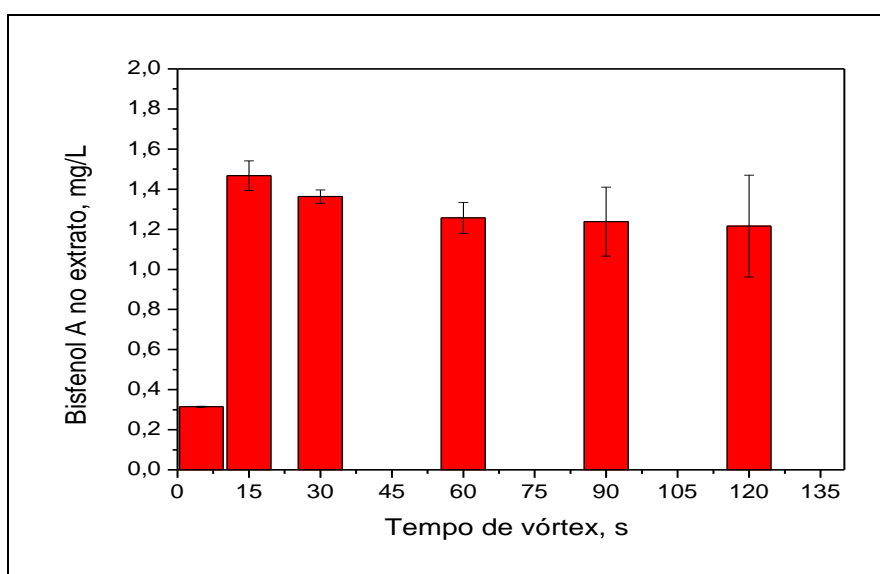
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO

Para a otimização do processo de extração, foram realizados testes em triplicata em amostras preparadas com 15 mL de solução de BFA a 1mg/L e como solvente extrator foram utilizados 5 mL de diclorometano.

Foram analisadas amostras em tempo de vortex de 5, 15, 30, 60, 90 e 120 segundos para verificar em qual tempo a extração seria mais eficiente. O gráfico 1 apresenta a concentração de BFA extraída de acordo com o tempo de vórtex.

**Gráfico 1 - Otimização do tempo de vórtex**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2 BISFENOL A EM AMOSTRA DE ÁGUA MINERAL

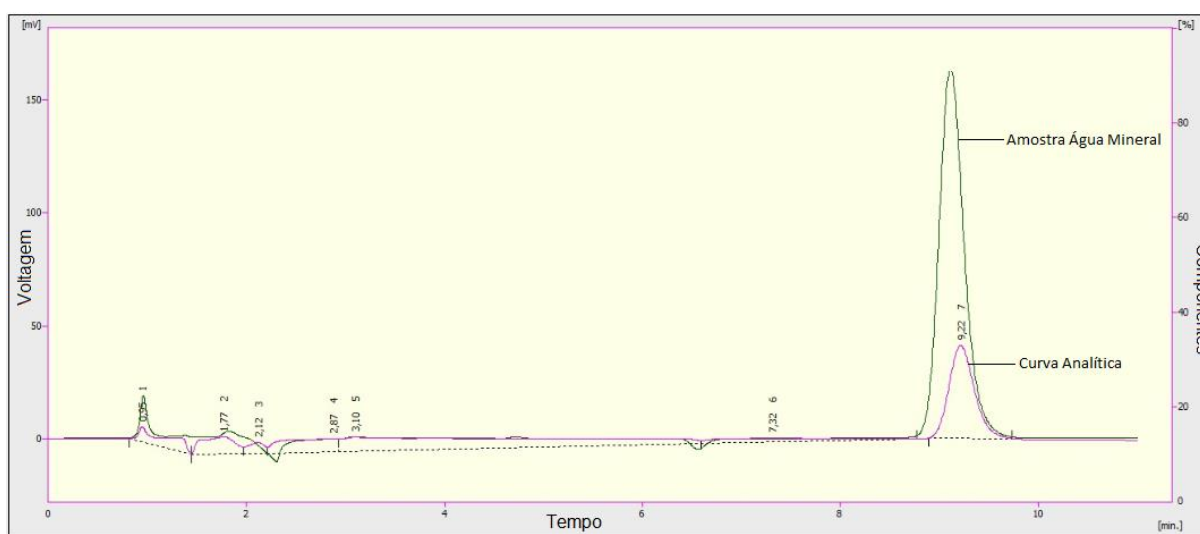
As amostras de água mineral submetidas ao processo de extração foram analisadas e os dados de área e concentração de cada uma podem ser verificados na Tabela 2. O cromatograma de comparação dos resultados da amostra de da



curva analítica está representado na Figura 4, os cromatogramas obtidos nas análises estão expressos na Figura 5.

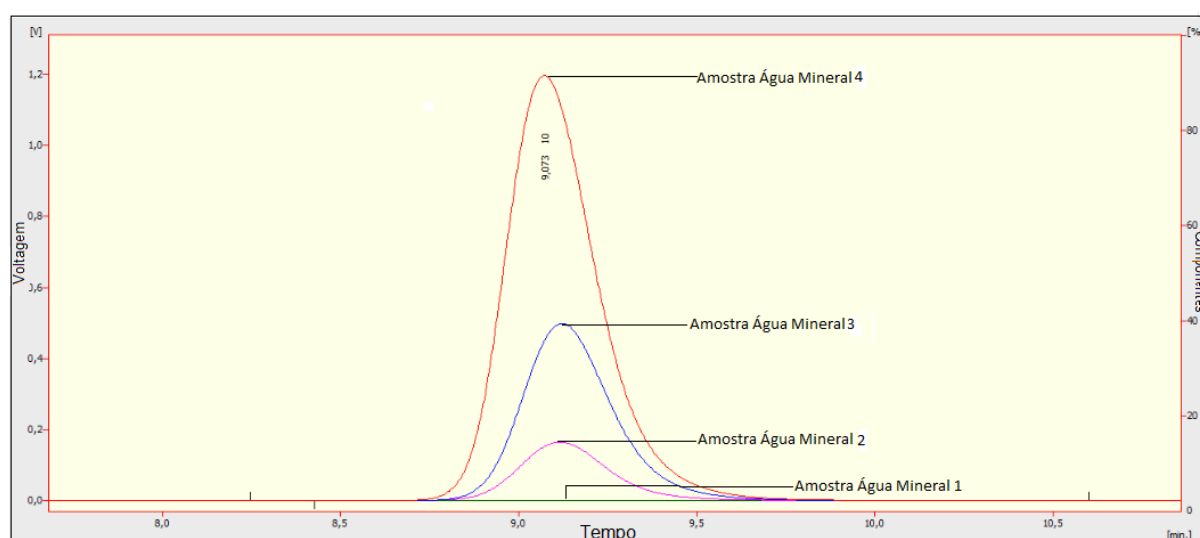
Para confirmação de que não houve contaminação das amostras, foi realizado um experimento sem o processo de extração. O cromatograma obtido pode ser verificado na Figura 6. Os valores encontrados de concentração e área podem ser analisados na Tabela 2.

**Figura 4 – Cromatograma de comparação das amostras de água mineral e a curva analítica**



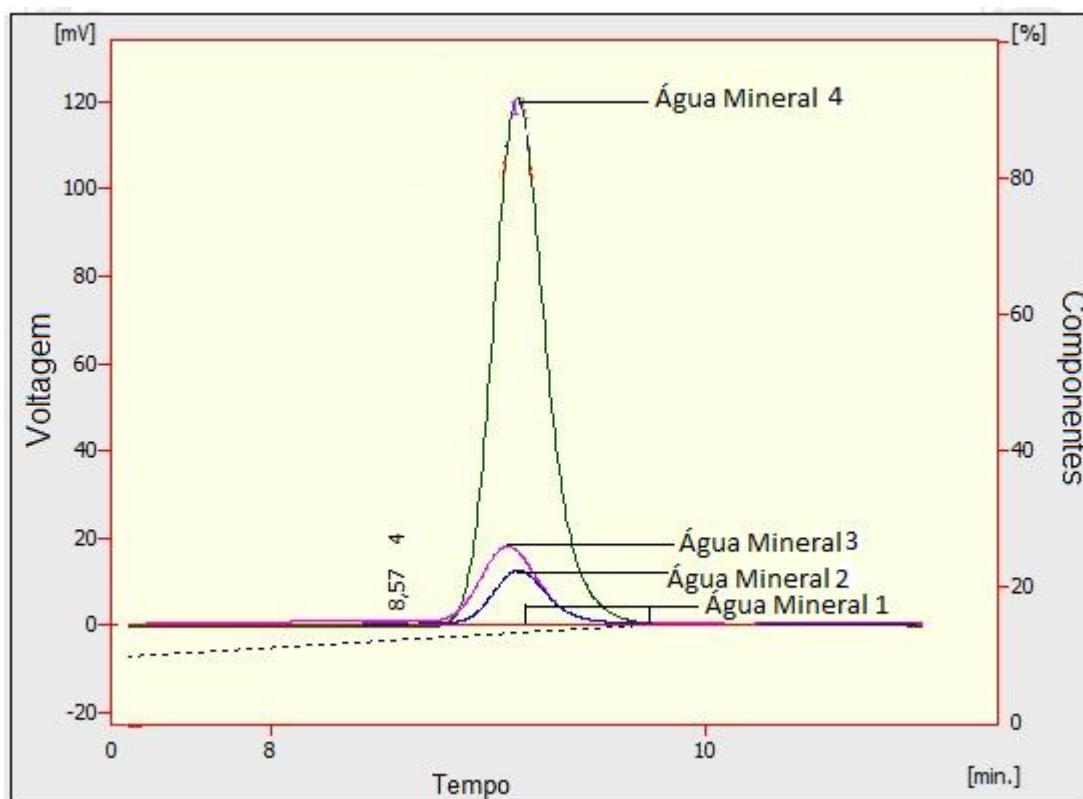
Fonte: *Print Screen* da aplicação do sistema operacional do equipamento, 2016

**Figura 5 – Cromatograma de comparação das amostras de água mineral após a extração**



Fonte: *Print Screen* da aplicação do sistema operacional do equipamento, 2016

Figura 6 – Cromatograma de comparação das amostras de água mineral sem a extração



Fonte: *Print Screen* da aplicação do sistema operacional do equipamento, 2016

Tabela 2 – Área e concentração de bisfenol A na água mineral

Amostras	Área	Concentração mg/L
A1	Abaixo do limite de quantificação	0,1
A2	2860,843	4,35
A3	8890,917	13,54
A4	21548,504	32,82
A1 sem extração	Abaixo do limite de quantificação	0,1
A2 sem extração	215,525	5,84
A3 sem extração	323,618	8,80
A4 sem extração	2098,511	57,47

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Analisando os resultados obtidos das amostras foi identificada a presença do BFA na água mineral, assim como um aumento progressivo da sua concentração conforme os tempos de coleta.

A maior concentração encontrada com as amostras com o processo de extração foi de 32,82 mg/L, obtendo um aumento de 173% da concentração no período de 80 dias. E com o processo de extração foi de 57,47 mg/L, muito acima do padrão permitido pela legislação que é de 0,6 mg/L.

No cromatograma obtido é possível verificar que mesmo com amostra sem o processo de extração, é possível perceber o aumento progressivo do BFA nas amostras.

Resultados semelhantes encontrados na pesquisa foi obtido por MONTAGNER (2013), o qual encontrou resultados acima do permitido pela legislação em amostra de saliva após tratamento dentário com resinas a base de BFA. BERALDO (2012), constatou que em amostras de água superficiais foram encontrados concentrações de BFA que variou entre 0,0056 mg/L a 0,295 mg/L.

Os valores encontrados nas amostras de água mineral, representam que o BFA componente presente nas embalagens de policarbonato, migram em altas concentrações para o produto armazenado.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que a concentrações de BFA nas amostras apresentam resultados acima do permitido pela legislação. Foi possível correlacionar aumento da concentração do BFA com o tempo de envase do produto, porém os resultados obtidos são apenas uma estimativa do valor desta concentração, por se tratar de uma nova metodologia de análise, necessita ser validado para que se tenha uma maior confiabilidade dos resultados.

Visto que foi possível detectar uma migração do composto para o produto, e considerando os malefícios do BFA para saúde da população, estudos posteriores para a validação e comprovação dos resultados deverão ser realizados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). RDC nº17, de 17 de março de 2008: Dispõe sobre regulamento técnico sobre Lista positiva de atitivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimento, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/390501/ALIMENTOS%20BRESOLU%20C3%2587%20C3%2583O%20B-%20BRDC%20BN%20C2%20BA%20B17%20C%20BDE%20B17%20BDE%20B%20M%20AR%20C3%202587O%20BDE%20B2008.pdf/8cc6c55f-5394-4151-b51d-4c259c1ed5e3>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). RDC nº41, de 16 de setembro de 2011: dispõe sobre a proibição de uso de bisfenol A em mamadeiras destinadas a alimentação de lactente e dá outras providências, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2011. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968776/RDC\\_41\\_2011\\_COMP.pdf/38afcf86-6dc9-4ef1-918c-29c6f59a6cb8](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968776/RDC_41_2011_COMP.pdf/38afcf86-6dc9-4ef1-918c-29c6f59a6cb8)>. Acesso em: 27 nov. 2016.

BAIRD, C.; RECEIO, M. A.; MARQUES, L. C. **Química Ambiental**, 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BERALDO, D. A. S. **Desenvolvimento e validação de método analítico para análise de bisfenol A e nonilfeno em águas superficiais da cidade de Americana -SP**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica e Inorgânica) – Universidade São Paulo, São Carlos, 2012.

BERNARDO, P. M. E.; et al. Bisfenol A: o uso em embalagens para alimentos, exposição e toxicidade – Uma Revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 1-11, nov. 2015. Disponível em: <[http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/rial74\\_1\\_completa/pdf/pdf\\_final\\_sem\\_doi/1631-s em doi.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/rial74_1_completa/pdf/pdf_final_sem_doi/1631-s%20em%20doi.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CASTRO, G. A.; POUZADA, S. A. **Embalagens para a indústria alimentar**. São Paulo: Instituto Piaget, 2002.

COMISSÃO EUROPEIA: Definição de desregulador endócrino. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 20 de junho de 2016. Disponível em: <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-16-2152\\_pt.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-2152_pt.htm)>. Acesso em: 08 nov. 2016.

COMISSÃO EUROPEIA: Directiva 2011/8/UE, de 28 de Janeiro de 2011. Restrição da utilização de bisfenol A em biberões de plásticos. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 01 de abril de 2011. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:026:0011:0014:PT:PDF>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

COMISSÃO EUROPEIA: Directiva 2011/8/UE, de 28 de Janeiro de 2011. Definição de desregulador endócrino. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 20 de junho de 2016. Disponível em: <<http://europa.eu/rapid/press-releaseIP-16-2152pt.htm>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

ENCARNAÇÃO, I. P. M. F. **Estudo de migração do bisfenol A em biberões**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Controle de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2007. Disponível em: <[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/235/2/20044\\_ULFACD000215\\_TM\\_2\\_Resuopdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/235/2/20044_ULFACD000215_TM_2_Resuopdf)>. Acesso em: 01 nov. 2016.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY: Scientific opinion on Bisphenol A: evaluation of a study investigating its neurodevelopmental toxicity, review of recent scientific literature on its toxicity and advice on the Danish risk assessment of Bisphenol A. **EFSA Journal**, v.8, 2010. 116p. Disponível em: <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1829.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

FONTENELE, Eveline. G. P. et al. Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 6-16, Fev. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-27302010000100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302010000100003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26 Nov. 2016.

GOLOUBKOVA, T.; SPRITZER, P. M. Xenoestrogênios: o Exemplo do Bisfenol-A. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 44, p. 323-330, Ago. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-27302000000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302000000400008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 28 Nov. 2016.

GÓMEZ, A. B; Rubio, S.; Bendito D. P. **Analytical methods for the determination of bisphenol A in food**. **J Chromatography**. Córdoba, n. 1216, P. 450-468. 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18635192>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

GRÜN, F.; BLUMBERG, B. Environmental obesogens: organotins and endocrine disruption via nuclear receptor signaling. **Endocrinology Society**. Washington, DC, p. 147, Fev 2006. Disponível em: <<http://press.endocrine.org/doi/full/10.1210/em.2005-1129>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

HARO, N. K. **Remoção de bisfenol-A por adsorção**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96406/000914605.pdf?sequence>>. Acesso em: 28 out. 2016.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). **O Bisfenol A e as Legislações para Contato com Alimentos**: Botelim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. 2012. Disponível em: <[http://www.cetea.ital.sp.gov.br/informativo/v24n2/v24n2\\_artigo2.pdf](http://www.cetea.ital.sp.gov.br/informativo/v24n2/v24n2_artigo2.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2016.

JORGE, Neuza. **Embalagens para alimentos**. São Paulo. Cultura Acadêmica, 2013.

JUNIOR, N. N. **Problemas de saúde relacionados à exposição aos disruptores endócrinos**: o exemplo do bisfenol A em materiais plásticos. 2014. 41 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento ambiental) - Universidade de Agricultura Luiz Queiroz. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://escolasuperior.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/60/2016/06/Nilton-Neves-Junior.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

KOIFMAN, S.; KOIFMAN, R. J.; MEYER, A. **Human reproductive system disturbances and pesticide exposure in Brazil**. Cad. Saúde Pública, 18: 2, 435-445, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n2/8272.Pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

MAIA, J.; et al. **Effect of amines in the release of bisphenol A from polycarbonate baby bottles**. 2010. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), University of Santiago de Compostela. Santiago, 2010.

MICHALOWICZ, J. Bisphenol A - Sources, toxicity and biotransformation: Environ Toxicol Phar. **Elsevier** v 37, p 738-758, Mar 2014; Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668914000313>>. Acesso em: 18 Nov. 2016.

MONTAGNER, T. A. **Desenvolvimento e validação de métodos de análise de bisfenol A em amostras de saliva humana por CG-EM**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2013. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ANtwgZn9agIJ:https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/1036/cursold:32+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

RYKOWSKA, I.; WASIAK, W. **Properties, theats and methods of analysis of bisphenol A and its derivates.** *Acta Chomatographica*, n. 16, p. 7-28, 2006. Disponível em: <[http://www.us.edu.pl/universytet/jednostki/wydzialy/chemia/acta/ac16/zrodla/01\\_AC16.pdf?pagewanted=all](http://www.us.edu.pl/universytet/jednostki/wydzialy/chemia/acta/ac16/zrodla/01_AC16.pdf?pagewanted=all)>. Acesso em 27 nov. 2016.

SACCHELLI, R. C. **Estudo de mercado da indústria de bebidas de água mineral.** 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Projetos Empresariais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/18532054-Universidade-federal-do-parana-roseana-ciliao-sacchelli-estudo-de-mercado-da-industria-de-bebidas-de-agua-mineral.html>>. Acesso em 28 nov. 2016.

SAKAI, S. Água Mineral: Fonte de Saúde e de bons negócios. **Revista engarrador Moderno**, São Paulo (SP), v. 15, p. 1-6 , set. 2013. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/12697050-Fonte-de-saude-negocios.html>> Acesso em: 25 nov. 2016.

SARANTÓPOULOS, C. I. G.; et al. **Embalagens plásticas flexíveis:** principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.

SILVA, A. L. G; et al. Desenvolvimento de método analítico para determinação de bisfenol A em amostras aquosas. CONGRESSO CEQISL. 4., 2006, Rio de Janeiro. **CBQ.** CEFET-MA, 2006. Disponível em: < <http://www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/13/165-IC-456-403-13-T1.htm>> Acesso em: 20 out. 2016.

ZHANG, J. M.; COOKE, G.; CURRAN, I. H. A.; GOODYER, C. G.; CAO, X. GC-MS Analysis of bisphenol A in human placental and fetal liver samples. **Journal of Chromatography B, Health**, v. 879, p. 209-214, Dec. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570023210007348>>. Acesso em: 27 Nov. 2016.