UFCSPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

Gabriele Sória Oliveira

Exposição da população brasileira à acrilamida a partir do consumo de café

Porto Alegre

2022

Gabriele Sória Oliveira

Exposição da população brasileira à acrilamida a partir do consumo de café

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Nutrição da Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profª. Drª. Manuela Poletto Klein

Coorientadora: Profª. Drª. Poliana Deyse Gurak

Porto Alegre

2022

RESUMO

O café é um dos produtos alimentares com maior presença na mesa da população brasileira, sendo o alimento com maior frequência de consumo dentre os 1.593 alimentos citados na Pesquisa de Orçamento Familiares do IBGE. Parte importante do processamento do café é a torrefação, responsável por conferir suas principais características de complexidade, como o aroma e sabor, e a cor marrom de intensidade variável. O processo de torrefação ocorre a temperaturas que chegam a 280°C, essa condição aliada à composição química do café, rica em aminoácido asparagina e açúcares redutores, facilita a formação do composto químico acrilamida. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer classifica a acrilamida como provável carcinógeno humana (Grupo 2A). Além disso, a molécula apresenta propriedades toxicológicas de neurotoxicidade, genotixicidade, carcinogenicidade e toxicidade reprodutiva. Tendo em vista a presença da acrilamida em cafés e seu alto consumo entre os brasileiros, o presente trabalho propôs estimar a ingestão diária e calcular a margem de exposição à acrilamida através de dados de consumo brasileiro divulgados pela Pesquisa de Orçamentos Familiares do IBGE e dados divulgados pela *European Food Safety Authority* (EFSA) sobre teor de acrilamida em cafés. Os resultados encontrados estão de acordo com os dados anteriormente divulgados na literatura, indicando uma preocupação potencial em relação à saúde pública quanto a ingestão de acrilamida através da dieta.

PALAVRAS-CHAVE: acrilamida, café, exposição, ingestão.

ABSTRACT

Coffee is one of the food products with the greatest presence on the table of the Brazilian population, being the food with the highest consumption frequency among 1,593 foods mentioned by IBGE Family Budgets Research. Coffee has as an important part of its processing the roasting, responsible for checking the main complexity characteristics of the coffee such as aroma and flavor, and the brown color of variable intensity. The roasting process takes place at temperatures that reach 280°C, this condition combined with the chemical composition of the coffee, which is rich in the amino acid asparagine and reducing sugars, facilitates the formation of the chemical compound acrylamide. The International Agency for Research on Cancer classifies acrylamide as a probable human carcinogen (Group 2A), in addition the molecule has toxicological properties of neurotoxicity, genotoxicity, carcinogenicity and reproductive toxicity. In view of the presence of acrylamide in coffee and its high consumption among Brazilians, this study proposed to stipulate the daily intake and exposure margin to acrylamide through data published by the European Food Safety Authority (EFSA) and data on Brazilian consumption published by IBGE Family Budgets Research. The results agree with data previously published in the literature, indicating a potential concern in relation to public health regarding the ingestion of acrylamide through the diet.

KEYWORDS: acrylamide, coffee, exposure, ingestion.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriele Sória Oliveira

Exposição da população brasileira à acrilamida a partir do consumo de café

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Manuela Poletto Klein
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Departamento de Nutrição
Orientadora

Profª. Drª. Poliana Deise Gurak
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Departamento de Nutrição
Co-orientadora

Profª. Drª. Eliane Dallegrave
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Departamento de Farmacociências
Examinadora

Drª. Patrícia da Silva Rodrigues
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Examinadora

Data de aprovação: 27 de janeiro de 2022

Porto Alegre

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química da acrilamida.

Figura 2 – Mecanismo de formação da acrilamida a partir da reação de Maillard.

Figura 3 – Fluxograma simplificado de fabricação de café.

Figura 4 – Evolução do grão de café durante o beneficiamento.

Figura 5 – Grânulos de café solúvel.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de consumo de café pela população brasileira em g/dia *per capta*.

Tabela 2 – Dados de concentração de acrilamida em cafés encontrados pela EFSA.

Tabela 3 – Valores de ingestão, exposição e MOEs de acrilamida da população brasileira.

LISTA DE ABREVIATURAS

AA - Acrilamida

ABIC - Associação Brasileira das Indústrias de Café

$BMDL_{10}$ - *Benchmark lower dose*

CONTAM - Painel sobre Contaminantes na Cadeia Alimentar

ECF - *European Coffee Federation*

EFSA - *European Food Safety Authority*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

JECFA - *The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*

MOE – *Margin of Exposure* (Margem de Exposição)

PC – Peso Corpóreo

POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares

UE – União Europeia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 OBJETIVOS 12
2.1 Objetivo Geral 12
2.2 Objetivos Específicos 12
3 REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 Acrilamida e seus Efeitos na Saúde 13
3.2 Acrilamida e sua Formação em Alimentos 14
3.3 O Café e a Relação com a Acrilamida 16
3.4 Processo de Fabricação do Café – Torrado e Solúvel 18
3.4.1 Beneficiamento dos Grãos – Via Seca e Via Úmida 18
3.4.2 Torrefação 19
3.4.3 Café Solúvel 20
3.5 O Café na União Europeia 22
3.5.1 Parecer Científico sobre Acrilamida em Alimentos 22
3.6 Indicadores Toxicológicos 23
3.7 Regulamento 2017/2158 da União Europeia 25
3.8 Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) – 2017-2018 27
4 MATERIAIS E MÉTODOS 28
4.1 Compilação Dados da Pesquisa de Orçamento Familiares 28
4.2 Compilação de Dados da EFSA 29
4.3 Cálculo de Exposição à Acrilamida pela Dieta e Margem de Exposição 30
5 RESULTADOS 33
5.1 Avaliação da Exposição à Acrilamida pelo Consumo de Café no Brasil 33
6 DISCUSSÕES 35
7 CONCLUSÕES 37
8 REFERÊNCIAS 38

1 INTRODUÇÃO

A acrilamida (AA) é uma molécula orgânica que, além de ser produzida de maneira sintética pelas indústrias químicas, também pode ser formada de maneira natural em alguns alimentos por meio de reações em temperaturas acima de 120°C. Alimentos ricos em carboidratos (em especial açúcares redutores) e aminoácidos, como por exemplo a asparagina, são propensos à formação de acrilamida quando submetidos a métodos de cozimento como fritura, assamento e torra. A formação de acrilamida nos alimentos é indesejável por se tratar de uma substância potencialmente cancerígena e neurotóxica, e que, por sua vez, será ingerida no consumo desses alimentos (ARVANITOYANNIS; DIONISOPOULOU, 2014). Em razão de se tratar de um composto potencialmente tóxico para o ser humano, algumas organizações trazem limites de sua presença nos alimentos, como é o caso da legislação da União Europeia (União Europeia, 2017).

Uma das formas encontradas para mensurar o risco de substâncias potenciais carcinogênicas e neurotóxicas é utilizando o conceito de menor dose de referência (*Benchmark lower dose* - $BMDL_{10}$). Esse é um parâmetro que indica um aumento de 10% no risco de efeitos adversos em relação à ingestão desse tipo de substância, como é o caso da acrilamida. Segundo o estudo realizado pela *European Food Safety Authority* (EFSA), o $BMDL_{10}$ da acrilamida para neuropatia periférica em ratos é de 0,43 mg/kg peso corporal/dia e de 0,17 mg/kg de peso corporal/dia para efeitos de neoplasia, também em ratos. Além disso, o regulamento 2158/2017 da União Europeia de 20 de novembro de 2017 estabelece medidas de mitigação e limites para a formação de acrilamida em alimentos nas indústrias (União Europeia, 2017).

O café torrado é um dos alimentos que conhecidamente possui a presença de acrilamida, o que se deve ao método de beneficiamento do café, que passa por um processo de torrefação a temperaturas elevadas. A sacarose, principal açúcar presente no café, forma, durante o processo de torra, um produto de degradação, o 5-hidroximetil furfural (5-HMF), sendo esse o principal precursor da formação de acrilamida. A asparagina é um aminoácido presente em variadas concentrações na constituição do café e se apresenta como agente limitante na formação de acrilamida já que está em menor quantidade quando comparada aos açúcares redutores. A concentração da asparagina pode variar de acordo com a espécie do café. Por exemplo, o café Robusta (*Coffea canephora*) possui maiores concentrações de asparagina quando comparado ao café Arábica (*Coffea arabica*) (HU et al., 2021

BAGDONAITE; DERLER; MURKOVIC, 2008; MESÍAS; MORALES, 2016). A legislação 2158/2017 da União Europeia apresenta como valores de referência à acrilamida 400 µg/kg em café torrado e de 850 µg/kg para café solúvel (União Europeia, 2017).

Segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2017-2018, realizado pelo IBGE, o café se encontra como um dos protagonistas na mesa dos brasileiros, tendo sido observada uma frequência de consumo (primeiro dia de recordatário de 24 horas) de 78,1%, ficando na frente de alimentos como o arroz e o feijão, por exemplo. O café também é o alimento com maior consumo diário *per capta* do Brasil, sendo consumido 163,2 g de café (bebida)/dia. Para definição da medida padrão é utilizada medida referida com maior frequência de citação para cada alimento e compara-se com a medida caseira considerada padrão na POF 2008-2009 (IBGE, 2020).

Segundo ARISSETO et al., 2009, que estudou o consumo de alimentos entre adolescentes, dentre os diversos alimentos que possuem tendência à formação de acrilamida, o café é o segundo produto mais consumido por esse público no Brasil (faixa etária de 11 a 17 anos) em g/dia, ficando atrás apenas do pão francês. Dessa forma, o café se apresenta como um importante objeto de estudo em relação à ingestão de acrilamida.

No Brasil, o café tradicional (café torrado moído, sendo um *blend* entre café das espécies arábica e robusta) continua sendo o mais consumido, principalmente no preparo doméstico, apesar de haver um crescimento no consumo de cafés especiais (café torrado moído de melhor qualidade, na maioria das vezes sendo composto 100% por uma única espécie de café) (SEBRAE/SC, 2019). Além disso, a pesquisa realizada sobre o comportamento de consumidores de café mostra que 85% preferem comprar o café torrado e moído e apenas 8% buscam o café instantâneo (LOPES; ANDRADE, 2015).

Tendo em vista o cenário apresentado, justifica-se a execução desse trabalho pela importância que o café apresenta no contexto da sociedade brasileira, em relação a sua produção, venda e consumo. Adicionalmente, o café se apresenta como um dos principais alimentos presentes na mesa brasileira, da mesma forma que é um dos alimentos conhecidos por desenvolver uma quantidade significativa de acrilamida durante seu processo de beneficiamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Calcular a margem de exposição à acrilamida da população brasileira a partir de dados sobre o consumo de café.

2.2 Objetivos Específicos

- Agrupar dados de teor de acrilamida encontrados em café a partir de estudos da *European Food Safety Authority* (EFSA).

- Diferenciar os dados das concentrações de acrilamida encontradas em café torrado e em café instantâneo.

- Calcular a ingestão diária de acrilamida e a margem de exposição à acrilamida da população brasileira através do consumo de café.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Acrilamida e seus Efeitos na Saúde

A acrilamida depois de absorvida pelo corpo através da alimentação é metabolizada a um metabólito reativo com o DNA chamado glicidamida. A acrilamida é uma neurotoxina potente que afeta tanto o sistema nervoso central (SNC) quanto o sistema nervoso periférico (SNP). A magnitude do efeito tóxico depende da duração da exposição e da dose total de exposição. Quanto a carcigenicidade, acredita-se que o risco aumente juntamente com o aumento da exposição (KLAUNIG, 2008**;** ERKEKOGLU; BAYDAR, 2013).

A Organização Mundial da Saúde classifica a acrilamida como uma substância que não possui um limiar de efeitos toxicológicos identificados, ou seja, baixas concentrações de acrilamida irão resultar em baixos efeitos, mas nunca em zero chances de risco à saúde (ERKEKOGLU; BAYDAR, 2013).

Alguns pesquisadores acreditam que a exposição de humanos a níveis relativamente baixos de acrilamida na dieta não resultará em neuropatia clínica, entretanto outros neurotoxicologistas temem o potencial de neurotoxicidade cumulativa da acrilamida. Em vários estudos, foi demonstrado que os mesmos efeitos neurotóxicos podem ser observados em baixas e altas doses de acrilamida, com as baixas doses exigindo exposições crônicas. A acrilamida não se acumula no organismo sendo eliminada na urina. No entanto, a acrilamida pode se ligar covalentemente para formar adutos com proteínas e permanecer no corpo por longos períodos de tempo. Esses adutos podem ser postulados como a principal causa de neurotoxicidade cumulativa. O potencial para efeitos cumulativos de longo prazo das necessidades de acrilamida (ERKEKOGLU; BAYDAR, 2013).

A glicidamida, metabólito da acrilamida, possui propriedades genotóxicas em sistemas de teste in vitro e in vivo. Em vários estudos com roedores, a acrilamida mostrou ser tumorigênica em vários locais de órgãos em camundongos e ratos quando administrado sistemicamente por várias vias. Estudos em ratos mostraram que os tumores induzidos por acrilamida incluíram aumentos significativos nos tumores da glândula tireóide e mesoteliomas testiculares em machos e glândula mamária, glial e cérebro, tireóide, cavidade oral, útero e glândula clitoridiana em ratos

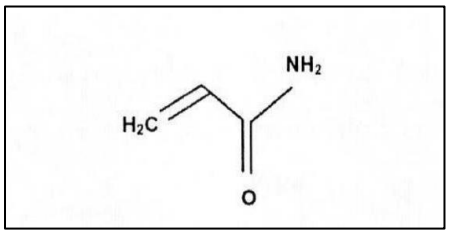
fêmeas. A incidência de tumor foi dependente da dose em doses acima de 0,5 mg/kg (p.c), enquanto doses de 0,01 e 0,1 mg/kg (p.c) não aumentaram a incidência de tumor em fêmeas e machos (KLAUNIG, 2008).

O modo de ação permanece incerto para a carcinogenicidade em roedores induzida por acrilamida, mas o suporte para um modo genotóxico baseado em ensaios de reatividade de DNA in vitro e in vivo não pode ser descartado (KLAUNIG, 2008).

3.2 Acrilamida e sua Formação em Alimentos

Acrilamida é uma substância química da classe das amidas (Figura 1), monômero produzido e utilizado em diversas áreas para a formação de géis de poliacrilamida que são usados como rejunte em materiais de construção, produto para tratamento de água e esgoto, aditivo na fabricação de papel, entre outras aplicações (ARVANITOYANNIS; DIONISOPOULOU, 2014). A acrilamida se apresenta a temperatura ambiente como um sólido branco de peso molecular 71 g/mol, solúvel em água e outros solventes polares como o metanol, etanol e acetona (SOARES, 2006). Tal substância é considerada pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer como potencialmente carcinogênica para humanos (Grupo 2), o que significa que as evidências de carcinogenicidade em humanos são limitadas ou nenhuma, mas que existem evidências suficientes em testes realizados em animais quanto ao potencial carcinogênico (MOJSKA, 2010).

Figura 1 – Estrutura química da acrilamida.



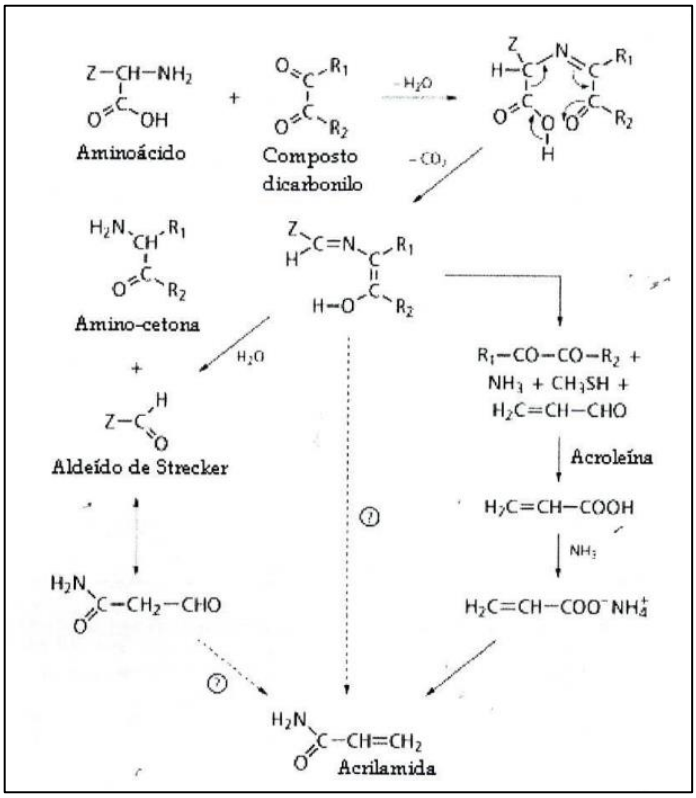
Fonte: https://www.fciencias.com/2013/04/25/acrilamida-molecula-da-semana/

A descoberta da presença de acrilamida em certos alimentos processados foi feita em 2002 por um grupo de pesquisadores suecos, que constataram a formação do composto em alguns alimentos fritos e assados submetidos a temperaturas maiores que 120°C e em ambientes de baixa umidade. A descoberta foi realizada após a verificação da presença de acrilamida nos glóbulos brancos de pessoas do

grupo controle em um estudo de exposição ocupacional à acrilamida, dessa forma a exposição à acrilamida não provinha da exposição no meio de trabalho, mas sim de uma segunda fonte (SOARES, 2006).

A acrilamida é formada majoritariamente em alimentos de base vegetal ricos em proteína e açúcares redutores, por exemplo, batata (batata frita, *chips*, batata palha), produtos obtidos a partir de cereais como *cookies*, bolachas doces, bolacha *cream cracker*, torradas, pães e café (ABT et al., 2019). Sabe-se que a acrilamida é formada nos alimentos ricos no aminoácido asparagina, açúcares redutores e moléculas com função carbonílica, como por exemplo o hidroximetilfurfural, e possui como principal via a reação de Maillard (SOARES, 2006). Além disso, outros fatores intrínsecos do alimento influenciam na formação de acrilamida, sendo alguns deles os níveis de carboidratos, pH, atividade de água e concentrações de aminoácidos concorrentes (ABT et al., 2019). O mecanismo de reação da formação de acrilamida está ilustrado na Figura 2:

Figura 2 – Mecanismo de formação da acrilamida a partir da reação de Maillard.



Fonte: Soares (2006)

3.3 O Café e a Relação com a Acrilamida

O café é a nomenclatura dada ao fruto proveniente do cafeeiro assim como para a bebida obtida a partir da infusão do grão torrado em água. Para que o grão desenvolva sabores, aromas e cor características do café é necessário que o mesmo passe por um processo de torrefação, esse processo ocorre ao expor os grãos a temperaturas que variam de 185°C a 240°C por cerca de 5 min a 20 min. Nesse processo o grão irá perder uma grande quantidade de massa devido à perda de umidade e irá apresentar um volume aparente maior. A torrefação dos grãos pode ser classificada de acordo com o grau de torra, sendo elas a torra clara, média e escura (KOBLITZ, 2011).

A formação de acrilamida no processo de torrefação do café ocorre logo nos primeiros minutos de exposição à alta temperatura, podendo essa chegar a concentrações maiores que 7000 µg/kg. A exposição prolongada à temperaturas mais altas ocasiona a degradação da acrilamida, dessa forma sua concentração no café irá variar muito de acordo com o processo de fabricação de cada empresa (BAGDONAITE; DERLER; MURKOVIC, 2008).

Os principais açúcares presentes no grão de café são a glicose, representando cerca de 7 a 8% no total de matéria seca, e a galactose que representa cerca de 11 a 13% da matéria seca. Ambos são açúcares redutores, o que possibilita a ocorrência da reação de Maillard. Além disso, o café também possui quantidade significativa de sacarose, os teores podem variar entre 3% e 7%, e 6% a 9% em base seca, nos grãos das espécies robusta e arábica, respectivamente. Ao passar pelo tratamento térmico, a sacarose sofre hidrólise e se converte em seus monossacarídeos de origem, glicose e frutose, também redutores (SOARES, 2006; SANTOS; PRADO; PERTIERRA; PALACIOS, 2018).

Diversas espécies de café são conhecidas, cerca de 8000 delas. Dentre as mais produzidas no mundo estão o *Coffea arabica*, que representa cerca de 75% da produção mundial de café e o *Coffea canephora*, variedade robusta, representando os 25% restantes (SOARES, 2006). Sabe-se que a quantidade de acrilamida muda em relação a cada uma das duas espécies de café, e isso se deve ao fato de que as concentrações de açúcares e asparagina livre em cada uma é distinta. Segundo Bagdonaite, Derler e Murkovic (2008), a concentração de sacarose encontrada no café da variedade Robusta foi de 49,1 ± 10,2 mg/g enquanto nos da variedade Arábica foi de 74,4 ± 8,5 mg/g. Já em relação à asparagina a concentração encontrada no café

Robusta foi de 797 ± 23 µg/g enquanto no café Arábica a concentração encontrada foi de 486 ± 97 µg/g. Sendo a asparagina o agente limitante da reação de formação de acrilamida, uma vez que está presente em concentração mais baixa do que a concentração de açúcares, o café Robusta apreseta maior propensão à formação de acrilamida quando comparado ao café Arábica (HU et al., 2021).

No Brasil, os cafés recebem classificações pela Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) como tradicional/extraforte, superiores e *gourmet*. O café tradicional é o mais popular entre os brasileiros tendo como principal atributo seu baixo preço, isso se deve a qualidade inferior dos grãos utilizados, podendo ter até 20% de grãos com defeito como grãos pretos, verdes, ardidos e grãos de safras passadas de cafés verde claros. O café tradicional constitui-se de um *blend* de grãos de café Arábica e Robusta, e essa relação pode variar de marca para marca, mas, em geral, apresentam até 30% de grãos de Robusta. Já os cafés especiais são aqueles classificados como superiores e *gourmet*, e apresentam qualidade superior, sendo por vezes constituídos 100% por café Arábica ou outra espécie de origem controlada, que possuem uma melhor apreciação pelos consumidores devido ao seu sabor fino e aromático e por gerar um café encorpado, dessa forma possuindo maior valor agregado. Para os café especiais é aceito até 10% de grãos com defeito (grãos pretos, verdes, ardidos e grãos de safras passadas de cafés verde claros) enquanto que para o *gourmet* não é permitido nenhum defeito (ABIC, 2018; HALAL, 2008; GONZÁLEZ et al, 2001).

O café tradicional vendido no mercado se divide em dois tipos, café torrado moído e café solúvel. Além das diferenças em relação às etapas de processamento para obtenção de cada produto, estudos mostram diferenças na concentração de acrilamida. Foi reportado pelo comitê da *European Food Safety Authority* (EFSA) que os cafés solúveis analisados apresentaram uma maior concentração de acrilamida quando comparado com o café moído, sendo que, em média, o café torrado moído apresentou 249 µg/kg de acrilamida enquanto o café solúvel apresentou 710 µg/kg. No entanto, quando é realizado o preparo da bebida utiliza-se uma menor quantidade em massa (g) do café solúvel, por se tratar de um produto concentrado, dessa forma o café na forma de bebida, tanto os preparados com café torrado e como os com café solúvel se equiparam em concentração de acrilamida (EFSA, 2015).

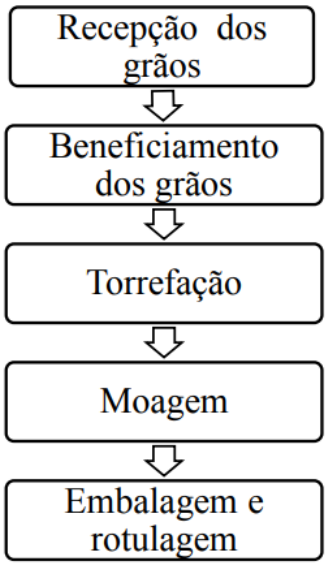
Segundo estudo de Mojska e Gielecinska (2013), os cafés das espécies *Robusta, Arábica* e a mistura de ambos não apresentaram diferença significativa na

concentração de acrilamida. Além disso, foram analisados os cafés solúveis fabricados a partir de método de liofilização e método *spray dryer* e da mesma forma não houve diferença significativa na concentração de acrilamida entre os dois tipos, afirmando, dessa forma, que o processo de produção de café solúvel por *spray dryer* não tem influência na formação de acrilamida, apesar de o processo de liofilização não utilizar calor (MOJSKA; GIELECIŃSKA, 2013).

3.4 Processo de Fabricação do Café – Torrado e Solúvel

De forma simples o processo de fabricação do café está exemplificado na Figura 3 e suas operações unitárias descritas nos próximos tópicos

Figura 3 – Fluxograma simplificado de fabricação de café.



Fonte: CASSIELE COSTA DE PAULA; CALDEIRA SILVA (2019)

3.4.1 Beneficiamento dos Grãos – Via Seca e Via Úmida

O processo de beneficiamento do café começa logo após a colheita, podendo ocorrer de duas formas, via seca e via úmida. Pelo processo de via seca, mais comumente utilizado no Brasil, o fruto fresco é seco através de exposição solar ou por secadores permanecendo com a casca. Os grãos são espalhados em camadas finas em locais conhecidos como terreiros, que costumam ser feitos de asfalto ou concreto. O café exposto ao sol é mexido várias vezes por dia e a noite são protegidos com lonas. Esse processo segue até que a umidade diminua cerca de 40%, podendo durar

até 20 dias. Em seguida o café passa para os secadores até que se atinja um percentual de 12% de umidade. Os grãos depois de secos passam por um processo de lavagem e separação por densidade, os grãos secos boiam em água enquanto os que não estão aptos afundam (KOBLITZ, 2011).

Já pelo processo de via úmida o fruto é descascado e despolpado para a posterior secagem do grão de café, devendo-se utilizar apenas frutos maduros. O fruto é esmagado em peneiras, com auxílio de água, que retém o grão (semente) do café e remove a casca e a polpa. Em seguida o grão de café passa pelo processo de secagem em terreiro por um dia ou dois (KOBLITZ, 2011).

Após a retirada das sujidades e cascas, o grão do café segue para o estágio de torrefação, uma das etapas mais importantes, pois é nesse processo que o café adquire aroma, sabor, cor e textura (CASSIELE COSTA DE PAULA; CALDEIRA SILVA, 2019).

3.4.2 Torrefação

A torrefação do café é a etapa onde o café desenvolve suas características principais como cor, sabor, aroma, textura e volume. Esse processo causa mudanças físicas e químicas no grão do café sendo elas a redução do teor de umidade para 2%, perda de cerca de 10% em massa, caramelização dos açúcares, expansão do grão em quase o dobro do seu tamanho, conforme Figura 4, e transformações químicas como formação de novos compostos, liberação de óleo e de compostos voláteis pelo processo de pirólise (KOBLITZ, 2011; EMBRAPA, 2015).

Figura 4 – Evolução da cor e do tamanho do grão de café durante o beneficiamento.

Fonte: https://buenavistacafe.com.br/blog/2017/01/18/a-ciencia-da-torra/ (2021)

O processo de torrefação ocorre em três etapas: secagem, pirólise e resfriamento. No primeiro momento os grãos são expostos a temperaturas que chegam entre 220°C e 280°C por 12 min a 20 min, fazendo com que a água presente evapore de forma rápida causando a expansão do grão. O processo de pirólise é a exposição do grão ao calor sob pouco ou nenhum oxigênio, onde ocorrem diversas reações químicas, como a hidrólise da sacarose presente no grão, formação de compostos voláteis que conferem aroma, e ruptura da estrutura molecular do grão pela liberação de CO_2 e vapores. Desta forma, o grão perde sua coloração verde e ganha tons de marrom (KOBLITZ, 2011; CASSIELE COSTA DE PAULA; CALDEIRA SILVA, 2019).

A tonalidade irá depender do tipo de torra que se deseja, havendo três tipos mais comuns, a torra clara, média e escura. Geralmente o ponto da torra é acompanhado visualmente através da mudança de cor e medição de temperatura. Em seguida, o processo é finalizado quando os grãos são refrigerados com uma corrente de ar frio (KOBLITZ, 2011; CASSIELE COSTA DE PAULA; CALDEIRA SILVA, 2019).

3.4.3 Moagem

A moagem é a trituração dos grãos que passaram pelo processo de torrefação, de forma que se obtenha um pó de diferentes granulometrias dependendo do tipo de preparo de características finais da bebida a ser preparada (KOBLITZ, 2011).

O café moído a ser utilizado em filtros de papel ou pano deve apresentar uma granulometria menor, visando obter-se a melhor extração (percolamento da água). O pó de granulometria média é indicado para ser utilizado em máquinas de café expresso, e o pó grosso é recomendado para uso nas cafeteiras do tipo italiana isso porque a granulometria interfere diretamente no tempo de preparo e na extração adequada dos compostos de aroma e sabor da bebida e deve ser adequado com cada método de preparo. Após o processo de moagem o café pode ser submetido à embalagem para ser comercializado como café torrado, ou ser submetido a outras etapas adicionais para a obtenção do café solúvel (KOBLITZ, 2011).

3.4.3 Café Solúvel

Para a fabricação do café solúvel utiliza-se o processo de moagem descrito acima com, preferencialmente, a variedade Robusta, por apresentar maior

concentração de sólidos solúveis, além de apresentar menor custo em relação ao café da variedade Arábica (ANDREGHETI, 2015).

O processo se inicia na etapa de extração, onde o pó grosso de café passa por uma extração sólido-líquido, utilizando água como solvente. Este processo acontece em colunas de percolação, onde o café é fixado em leitos fixos e água a 180°C sob pressão de 12 bar a 17 bar percola sobre o pó para a extração dos compostos presentes no café. Nessa etapa, o extrato de café fica rico em sólidos solúveis (15-25% peso/peso) e em compostos voláteis de sabor e aroma (ANDREGHETI, 2015).

Na sequência, o extrato é concentrado até a obtenção de 60% de sólidos solúveis. A concentração auxilia no processo posterior de secagem que pode ser por *spray drying* ou *freeze drying* (ANDREGHETI, 2015).

No método de *spray drying,* o extrato pré-concentrado de café é atomizado ao injetá-lo em uma câmara de ar quente na forma de micro gotículas. Em contato com o ar aquecido, a água presente nas gotículas evapora, restando apenas o conteúdo de sólidos solúveis presentes na solução. A temperatura pode chegar a 200°C e por esse motivo os sabores e odores do café diminuem no produto. Ao fim do processo é obtido um pó solúvel. Em alguns casos é também realizada a etapa de aglomeração para a formação de pequenos grânulos conforme a Figura 5 (ANDREGHETI, 2015).

Figura 5 – Grânulos de café solúvel.

Fonte: https://www.gazetadopovo.com.br/economia/cafe-soluvel-brasileiro-mercado-interno/

Já o método *freeze drying* utiliza o princípio da liofilização, onde o extrato concentrado é congelado a -20°C e posteriormente a água na forma sólida é sublimada para a forma de vapor. Neste processo não ocorre a aplicação de altas

temperaturas e o produto mantém sua complexidade de sabores e aromas praticamente intactos (ANDREGHETI, 2015).

3.5 O Café na União Europeia

Segundo o documento publicado pela *European Coffee Federation* (ECF), durante o período de 2016-2018, por volta de 30% de todo o café importado pela União Europeia teve como origem o Brasil, seguido pelo Vietnam com cerca de 25% do total de importações. Dessa forma, o Brasil se destaca como a principal fonte de grãos de café da União Europeia, tendo fornecido 900.193 toneladas de café (ECF,2019).

Quanto a importação de café solúvel pela União Europeia, o Brasil também fica na primeira posição como maior país exportador do produto. No ano de 2018, o Brasil se destacou com 21,1% do total de café solúvel importado pela União Europeia, representando 10.020 toneladas, seguido pela Índia com 16,8% (ECF, 2019).

Em relação à fabricação do café na Europa, o processo de produção é muito similar ao processo de beneficiamento realizado no Brasil conforme ilustrado no trabalho de SOARES (2008, p.32). Tendo em vista que os processos de produção do café são similares em diversos países, a formação de acrilamida na etapa de torrefação ocorre em cafés de diversas marcas e origens, como foi demonstrado pela EFSA em seu parecer científico.

3.5.1 Parecer Científico sobre Acrilamida em Alimentos

Em 2015 foi publicada pela agência sanitária europeia, a *European Food Safety Authority* (EFSA), o resultado de uma pesquisa em relação a contaminação de acrilamidade diversos gêneros alimentícios comercializados dentro da União Europeia. O resultado dessa pesquisa gerou o “parecer científico sobre acrilamida em alimentos (*Scientific Opinion on Acrylamide in Food*)” realizado pelo Painel sobre Contaminantes na Cadeia Alimentar - CONTAM (EFSA, 2015).

Os gêneros de alimentos avaliados nesse estudo foram aqueles conhecidos pela formação de acrilamida quando expostos à altas temperaturas. Os grupos foram separados da seguinte forma: batatas fritas, batatas na forma de *snacks* e *chips,* pão, cereais matinais, biscoitos salgados, *crackers,* biscoitos doces e *wafers*, café (torrado e solúvel), bebidas substitutas ao café (produto semelhante ao café, mas feito com

outros cereais como milho e cevada), alimentos para bebês e outros produtos como massas e bolos.

As amostras foram coletadas diretamente de mercados, padarias, restaurantes, indústrias de alimentos e associações de alimentos. O período de coleta de amostras foi de 2010 a 2013 e foi realizada em 24 países da União Europeia, sendo eles Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Lituânia, Países Baixos, Noruega, Polônia, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia e Reino Unido (EFSA, 2015).

As amostras coletadas foram analisadas através de técnicas cromatográficas, sendo que 99% das amostras foram analisadas por cromatografia liquida de alta eficiência (CLAE/HPLC) e 1% por cromatografia gasosa (CG) e detectores de espectro de massas (MS), fluorescência *Diode-Array Detection* (DAD) e detector espectrômetro de massas em série (MS/MS) (EFSA, 2015).

Em relação às amostras de café, essas foram divididas em duas categorias, de café torrado e de café solúvel. Para café torrado foram coletadas 595 amostras e para café solúvel, 862 amostras. As amostras de café foram preparadas conforme indicação do fornecedor, e não havendo indicação, foram utilizados 2 g de café solúvel e 5 g de café torrado para cada 100 mL de água. Os resultados da concentração de acrilamida foram expressos em µg/kg de produto (café solúvel ou torrado). O relatório da EFSA traz como referência o estudo do JECFA, de 2010, que estima que a concentração de acrilamida no café pronto para beber varie de 3 µg/L a 68 µg/L (EFSA, 2015).

As conclusões do estudo mostram que o produto que apresentou a maior concentração de acrilamida foram os substitutos do café (média de 1.499 µg/kg) e o café de forma geral (média entre café torrado e café solúvel de 522 µg/kg). Contudo, como esses produtos são diluídos em água antes do consumo, espera-se que a ingestão pela população ocorra em níveis mais baixos.

3.6 Indicadores Toxicológicos

Para a realização do cálculo de exposição para qualquer substância em alimentos são necessários três dados essenciais, sendo eles a concentração da substância no alimento de estudo em µg/kg, o consumo do alimento em kg e o peso corpóreo em kg (NUNES; JARDIM; CALDAS, 2009).

A margem de exposição ou *margin of exposure* (MOE) é uma razão que avalia a dose em que um efeito adverso pequeno é observado pela primeira vez e o nível de exposição à substância considerada. O MOE é definido como a razão do ponto de referência na curva dose-resposta para o efeito crítico, preferencialmente o $BMDL_{10}$, pela exposição, conforme a Equação 1 (SCICOM, 2019):

Equação 1:

$$MOE = \frac{BMDL10}{exposição}$$

Conforme a EFSA, o valor $BMDL_{10}$ para acrilamida quanto à neurotoxicidade é de 430 µg/kg pc/dia e para carcinogenicidade é de 170 µg/kg pc/dia. Um cenário em que o valor de MOE é maior que 10.000 é considerado de pouca preocupação em relação à saúde pública (NUNES; JARDIM; CALDAS, 2009).

Em razão de a acrilamida se tratar de uma substância genotóxica e carcinogênica, tanto o painel científico da EFSA como o comitê *Joint* FAO-WHO *Expert Committee Report on Food Additives* (JECFA) dizem achar inapropriado chegar a conclusões quanto à Ingestão Diária Aceitável (EFSA, 2015; JECFA, 2011).

Além disso, o Comitê Científico da EFSA concluiu que, para substâncias que são genotóxicas e cancerígenas, uma margem de exposição (MOE) de 10.000 ou superior, com base em um $BMDL_{10}$ de estudo em animal e levando em consideração as incertezas gerais, seria de baixa preocupação do ponto de vista da saúde. Uma vez que os MOEs são muitas vezes inferiores a 10.000, o Painel CONTAM concluiu que, embora os estudos em humanos disponíveis não tenham demonstrado que a acrilamida seja um carcinógeno humano, os MOEs baseados nos níveis atuais de exposição alimentar à acrilamida em pesquisas indicam uma preocupação com relação aos efeitos neoplásicos. Já em relação aos efeitos de neurotoxicidade, o MOE de 125 é utilizado pela EFSA como referência, dessa forma valores de MOE inferiores a 125 são considerados de preocupação quanto aos efeitos neurológicos.

O parecer científico sobre acrilamida em alimentos estipula que os MOEs para os efeitos da acrilamida relacionados ao câncer variam em média entre 425 para consumidores adultos e 50 para crianças com alto consumo. Esses intervalos indicam uma preocupação para a saúde pública. Os MOEs para efeitos neurológicos variam de 1.075 para consumidores adultos médios a 126 para crianças com alto consumo. Os especialistas da EFSA concluíram que, para esses efeitos, os níveis atuais de

exposição alimentar não são uma preocupação para a saúde, embora para bebês e crianças com alta exposição alimentar o MOE esteja próximo dos valores que podem ser preocupantes para esses efeitos. (EFSA, 2015).

3.7 Regulamento 2017/2158 da União Europeia

O regulamento 2158 de 2017 da União Europeia tem como objetivo diminuir os teores de acrilamida em alimentos processados, visando garantir a saúde e segurança do consumidor. Tal lei foi elaborada após as conclusões do Painel Científico dos Contaminantes da Cadeia Alimentar (CONTAM) realizado pela *European Food Safety Authority* (EFSA) no ano de 2015.

A lei define que as empresas responsáveis pela produção de alimentos que serão distribuídos nos países europeus devem implementar táticas de mitigação da formação de acrilamida em alimentos através de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

Conforme o regulamento, as empresas devem respeitar os limites máximos estabelecidos (Quadro 1) para cada categoria de produto e esses limites devem ser comprovados através de amostragem e análise dos alimentos.

Os gêneros de alimentos englobados são batatas fritas, batatas *chips*, bolachas salgadas, pão, cereais matinais, produtos de padaria e confeitaria, café, substitutos do café (bebidas à base de cereais como milho, cevada, chicória e trigo que atuam como substitutos do café) e alimentos para bebês a base de cereais.

Em relação à produção de café, essa legislação indica que as indústrias devem identificar as condições ótimas de torrefação do café para assegurar a formação mínima de acrilamida e alcançar o sabor pretendido. Essas condições de controle devem estar evidenciadas no Programa de Pré-Requisitos (PPR) e nas BPFs. Além disso, as empresas podem considerar a utilização da enzima asparaginase, enzima responsável pela hidrólise do aminoácido asparagina, visando assim reduzir a concentração final de acrilamida, uma vez que tal aminoácido é o principal responsável por sua formação.

As empresas responsáveis pela produção de café devem certificar-se de que o produto tenha uma concentração de acrilamida menor do que o limite estabelecido pela legislação, mas pode haver diferença uma vez que os cafés possuem origens, *blends* e processos de torrefação variados, dessa forma a empresa precisa justificar os valores encontrados (UNIÃO EUROPEIA, 2017).

Quadro 1 – Níveis de referência de acrilamida para cada categoria de alimentos.

Categoria do alimento	Nível máximo permitido (µg/kg)
Batatas fritas (prontas para comer)	500
Batatas fritas de pacote fabricadas com batatas frescas e com massa de batata. Bolachas salgadas à base de batata. Outros produtos de batata à base de massa de batata.	750
Pão a) Pão à base de trigo b) Pão excluindo pão à base de trigo	 50 100
Cereais matinais a) produtos à base de farelo e cereais integrais, grãos tufados pelo processo de *gun puffing* b) produtos à base de trigo e de centeio c) Produtos à base de milho, aveia, espelta, cevada e arroz	 300 300 150
Bolachas e *wafers*. Bolachas salgadas com exceção das bolachas à base de batata. *Crackers.* *Gingerbread.* Produtos semelhantes aos outros produtos desta categoria.	350 400 350 800 300
Café Torrado	400
Café Solúvel	850
Substitutos do Café a) Sucedâneos do café exclusivamente a partir de cereais. b) Sucedâneos do café obtidos exclusivamente a partir de chicória.	 500 4 000
Alimentos para bebês, alimentos à base de cereais transformados destinados a lactentes e crianças pequenas, exceto bolachas e torradas.	40
Bolachas e torradas para lactentes e crianças pequenas.	150

Fonte: REGULAMENTO (UE) 2017/2158 DA COMISSÃO de 20 de novembro de 2017.

3.8 Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) – 2017-2018

A pesquisa de orçamento familiares do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem como objetivo mensurar os gastos, consumos, rendimentos e traçar um perfil em torno dos hábitos da população brasileira. A pesquisa orçamentária busca conhecer o perfil doméstico de vários segmentos, como de pessoas que vivem em área rural e área urbana, das cinco regiões do brasil, do gênero, por idade e por classe econômica. As idades são separadas por faixas etárias, sendo elas adolescentes (10-19 anos), adultos (20-59 anos) e idosos (60 anos ou mais), e as classes econômicas são divididas em quem utiliza 1, 2, 3 ou 4 quartos do salário-mínimo para consumo de alimentos (IBGE, 2019).

Na última publicação disponibilizada, os dados foram coletados a partir do dia 11 de julho de 2017 até o dia 9 de julho de 2018. Nela, vários quesitos foram analisados, como, por exemplo, a renda, acesso à educação e saúde, transporte e alimentação. A partir dos dados de alimentação coletados através de entrevistas com a população, constatou-se quais alimentos apresentaram a maior frequência de consumo, sendo o café o produto consumido com maior frequência diária de consumo (78,1%), seguido pelo arroz (76,1%), feijão (60,0%), pão de sal (50,9%) e óleos e gorduras (46,8%). Além disso, há também dados sobre os alimentos com maior consumo *per capta,* sendo eles em ordem decrescente o café pronto para beber (163,2 g/dia), feijão (142,2 g/dia), arroz (131,4 g/dia), sucos (124,5 g/dia) e refrigerantes (67,1 g/dia) (IBGE, 2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Compilação Dados da Pesquisa de Orçamento Familiares

Os dados de consumo de café pela população brasileira foram retirados da Pesquisa de Orçamentos Familiares do IBGE dos anos de 2017-2018. Os valores utilizados foram os de consumo em g/dia, sendo eles a média brasileira de consumo diário, consumo por região, por gênero, por idade, por setor urbano e rural, e em função da renda.

O valor de consumo em g/dia é um dado necessário para o cálculo de margem de exposição diária a acrilamida.

Os dados de consumo médio *per capta* do café pronto para consumo para os variados grupos trazido pela Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018 estão dispostos na Tabela 1 (POF/IBGE, 2019).

Tabela 1 – Dados de consumo de café pela população brasileira em g/dia *per capta*.

Consumo Médio por Grupos	Consumo em g/dia *per capta*
Geral	163,2
Sexo	
Mulheres	154,5
Homens	172,7
Área	
Urbano	159,9
Rural	182,6
Região	
Sul	184,6
Sudeste	173,7
Nordeste	151,9

Norte	135,3
Centro-oeste	134
Idade	
Adolescentes	117,5
Adultos	168,6
Idosos	189,7
Renda	
1° de Renda	161,7
2° de Renda	166,8
3° de Renda	169,4
4° de Renda	154

Fonte: Elaborado pela autora baseado em dados do IBGE.

4.2 Compilação de Dados da EFSA

Os dados de teor de acrilamida encontrados nos cafés torrado e solúvel pelo CONTAM, retirados do Parecer científico da EFSA de 2015, foram utilizados para estimar a margem de exposição à acrilamida pela população brasileira através do consumo de café.

Os valores utilizados para os cálculos foram as médias aritméticas dos resultados (soma dos valores de concentração encontrados em cada amostra dividido pelo número de amostra), expresso em concentração (µg de acrilamida/kg de café). Os dados são divididos em duas categorias, café torrado e café solúvel.

A agência de segurança em alimentos da Europa, *European Food Safety Authority* (EFSA), divulgou em 2015 um estudo compilando os resultados encontrados em análises do contaminante acrilamida em diversos alimentos, tendo sido eles coletados em 24 países da União Europeia, entre eles Reino Unidos, Grécia, Itália, Espanha, França e Alemanha. O total de 43.419 amostras de diversas categorias foram coletadas entre os países da União Europeia e associações de alimentos. Dentre as categorias de alimentos estão comida de bebê, cereais matinais, batata *chips*, batata frita pré cozida, pão e café.

Foram selecionadas 595 amostras de café torrado e quanto ao café solúvel 862 amostram foram coletadas. A média da concentração de acrilamida encontrada no café torrado foi de 249 µg/kg enquanto para o café solúvel a média foi de 710 µg/kg.

As amostras de café foram também avaliadas quanto ao seu grau de torrefação, sendo divido em três classes, torrefação clara, média e escura. Como já demonstrado anteriormente pela literatura, o café de torrefação clara apresentou maior concentração de acrilamida comparado aos outros, 374 µg/kg, para torrefação média 266 µg/kg e escura 187 µg/kg. Isso ocorre, pois, o ponto mais crítico para a formação de acrilamida no café são os primeiros minutos de exposição à temperatura elevada, e quanto mais tempo o café é exposto a torrefação, maior será o grau de degradação da acrilamida formada (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados de concentração de acrilamida em cafés encontrados pela EFSA.

Amostra	Número de amostras	Valor médio de concentração em µg/kg
Café Solúvel	862	710
Café Torrado	595	249
Café torra clara	45	374
Café torra média	44	266
Café torra escura	15	187

Fonte: Elaborado pela autora baseado em dados do EFSA.

4.3 Cálculo de Exposição à Acrilamida pela Dieta e Margem de Exposição

Incialmente, calculou-se a concentração de acrilamida (AA) no café pronto para o consumo (Eq. 2), considerando a quantidade média de pó de café utilizada no preparo da bebida no Brasil, que é de 100 g.

Equação 2:

$$CACPC = CAPC\ x\ MCUP$$

Onde:

CACPC = Concentração de acrilamida no café pronto para consumo em µg/L

CAPC = Concentração de acrilamida no pó de café em µg/kg

MCUP = Massa de café utilizado no preparo em kg/L

Na sequência, calculou-se a exposição à acrilamida a partir da dieta utilizando a equação 3:

Equação 3:

$$Exposição = \frac{\text{CACPC } x\ CA}{PC}$$

Onde:

CACPC = Concentração da substância em µg/L

CA = Consumo do alimento em L

PC = Peso Corpóreo em kg

Para o valor do peso corpóreo utilizou-se os valores médios de antropometria por faixa etária da população brasileira divulgados na Pesquisa de Orçamentos Familiares dos anos de 2008-2009. Para homens e mulheres utilizou-se a média de pesos entre as idades de 20 a mais de 75. Para adolescentes utilizou-se a média de pesos de 10 a 19 anos, para adultos a média de peso de 20 a 59 anos e para idosos a média de peso de 60 ou mais. Já para os demais grupos como média geral, regiões, área urbana e rural e quartos de renda utilizou-se o valor médio de peso corpóreo de 70kg baseado no trabalho de MESIAS et al. (2021). Os valores médios de peso em kg calculados a partir de dados da POF 2008-2009 estão ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Média de pesos de grupos da população divulgados pela POF.

Grupo	Peso Médio (kg)
Homens	72
Mulheres	55
Adolescentes	51
Adultos	68
Idosos	66

Fonte: Elaborado pela autora baseado em dados da POF 2008-2009 (IBGE).

O cálculo de Margem de Exposição foi feito utilizando-se a Equação 1. Os valores de referência de MOE utilizados para a comparação dos resultados foram, para carcinogenicidade, 10.000 e para neurotoxicidade 125.

5 RESULTADOS

5.1 Avaliação da Exposição à Acrilamida pelo Consumo de Café no Brasil

Levando em consideração que grande parte do café consumido na União Europeia tem como país de origem o Brasil e que o processo de beneficiamento do grão até o produto é o mesmo, foi traçada uma relação entre a concentração de acrilamida encontrada nos cafés analisados pela EFSA e o consumo de café no Brasil, buscando avaliar a margem de exposição da população brasileira à acrilamida.

A preferência por café torrado pelo consumidor brasileiro é de 85% contra 5% de preferência por café solúvel (LOPES; ANDRADE, 2015). Considerando também que o relatório do EFSA indica que, quando o café torrado e o café solúvel são preparados, a concentração de acrilamida na bebida final é praticamente igual em ambos. Em alguns casos o café preparado a partir de café torrado apresentou concentrações levemente maiores. Portanto, nesse trabalho serão apresentados cálculos de ingestão baseados no consumo de café a partir do preparo do pó de café torrado.

Conforme o manual de Métodos de preparos de café da ABIC, utiliza-se entre 80 g e 100 g de pó de café para o preparo de 1 litro de bebida. Então, considerando a maior quantidade de pó utilizada (100 g) e que a concentração média de acrilamida no café torrado é de 249 µg/kg, em um litro de bebida há 24,9 µg de acrilamida. Considerando os pesos corpóreos (p.c.) indicados no item 4.3, os valores encontrados para cada grupo estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de ingestão, exposição e Margem de Exposição de acrilamida da população brasileira.

Grupos	Acrilamida em µg/dia *per capta*	Exposição em µg/kg pc/dia	MOEs Neurotoxicidade	MOEs Carcinogenicidade
Geral	4,06	0,058	7414	2931
Sexo				
Mulheres	3,84	0,070	6158	2434
Homens	4,30	0,060	7200	2846
Área				
Urbano	3,98	0,057	7544	2982
Rural	4,54	0,065	6615	2615
Região				
Sul	4,60	0,066	6515	2576
Sudeste	4,33	0,062	6935	2742
Nordeste	3,78	0,054	7963	3148
Norte	3,37	0,048	8958	3542
Centro-oeste	3,33	0,048	8958	3542
Idade				
Adolescentes	2,92	0,057	7510	2969
Adultos	4,20	0,060	6961	2752
Idosos	4,72	0,071	6012	2377
Renda				
1° de Renda	4,02	0,057	7544	2982
2° de Renda	4,15	0,059	7288	2881
3° de Renda	4,21	0,060	7167	2833
4° de Renda	3,83	0,055	7818	3091

Fonte: Elaborada pela autora.

6 DISCUSSÕES

Os resultados de exposição variaram entre 0,042 µg AA/kg p.c./dia e 0,066 µg AA/kg p.c./dia, o que se assemelha ao encontrado por Arisseto et al. (2009), que apresentou uma exposição média de 0,049 µg/kg pc/dia na ingestão de acrilamida por meio de café entre adolescentes. Resultados encontrados por Barón Cortés et al. (2021) mostram a exposição da população colombiana à acrilamida por meio do consumo de café sendo, para a população no geral, de 0,01 µg AA/kg p.c./dia. Já no estudo de Mesías e Morales (2016), que analisaram a exposição da população da Espanha, foi encontrado um valor médio de exposição de 0,037 µg AA/kg p.c./dia. Quanto aos valores de consumo µg/dia *per capta*, Porto et al. (2015) fizeram um estudo entre países da América Latina sobre o consumo de café e sua influência na ingestão de acrilamida. Nesse estudo, o Brasil se enquadrou dentro do Grupo 1 (países que consomem entre 4,1 kg e 8 kg de café por ano) junto com a Argentina, Colômbia e Costa Rica. Os resultados encontrados para a ingestão diária em µg/dia para o Grupo 1 foram de 0,47 a 4 µg/dia enquanto os valores encontrados na Tabela 3 variam entre 2,92 e 4,72 µg/dia, valor bastante próximos do limite superior encontrado por Porto et al. (2015).

Conforme apresentado na Tabela 3, todos os grupos apresentaram MOE para carcinogenicidade inferior a 10.000 e para neurotoxicidade todos os grupos tiveram MOEs acima de 125. Dessa forma, podemos considerar que há um problema de preocupação de saúde pública quanto aos efeitos neoplásicos da acrilamida, uma vez que a EFSA estipula que valores de MOE inferior a 10.000 causam tal preocupação. A população idosa e as mulheres foram os grupos que apresentaram os menores valores de MOE, 2377 e 2434 respectivamente, sendo dessa forma os grupos mais expostos a acrilamida através do consumo de café. Quanto aos efeitos de neurotoxicidade, todos os grupos ficaram bem acima do limite de 125. No entanto, esses valores levam em consideração apenas a ingestão de acrilamida pelo consumo de café. Entretanto, através de dados do POF é possível observar que diversos alimentos suscetíveis à formação de acrilamida estão presentes, como o pão, batata, cereais, bolos e biscoitos. Dessa forma, pode-se concluir que MOEs ainda menores seriam encontrados ao se fazer uma relação com todos os alimentos da dieta brasileira.

Em 2011, o JECFA levantou dados de acrilamida encontrados em diversos alimentos de diversos países. Dentre as conclusões feitas, estimou-se que a ingestão mundial de acrilamida numa média diária, em uma dieta completa, varie entre 1,1 µg/kg pc/dia a 4,8 µg/kg pc/dia, sendo o café responsável por uma contribuição que varia entre 13-39% do total. Sirot et al. (2012), em pesquisa feita com a dieta da população francesa, encontraram valores de exposição de exposição média de 0,43 ± 0,33 µg/kg p.c/dia, tendo o café contribuído com 27,7% da exposição total da dieta. Mojska et al. (2010), estimaram a exposição à acrilamida na dieta da população polonesa, encontrando uma média de 0,43 µg/kg p.c./dia e atribuindo ao café 19% de contribuição.

Os valores de MOEs descritos por Barón Cortés et al. (2021) mostram que, na média de ingestão de acrilamida diária na dieta da população da Colômbia em geral, o MOE para neurotoxicidade foi de 822, valor acima de 125, demonstrando não causar preocupação. Já o MOE para carcinogenicidade o valor foi de 325, valor muito inferior a 10.000, demonstrando assim ser um aspecto de preocupação quanto a saúde pública da população.

7 CONCLUSÕES

O café pode ser considerado um dos produtos mais populares entre os brasileiros, sendo possivelmente um dos maiores agentes de exposição à acrilamida da população. Seu consumo em grande quantidade e frequência indicam uma margem de exposição a acrilamida que causam preocupações quanto ao seu potencial carcinogênico.

Os resultados encontrados nessa pesquisa se assemelham a dados já encontrados na literatura em estudos com outras populações, sendo o café um dos maiores contribuidores da dieta na ingestão de acrilamida. Esses estudos devem ser realizados com certa frequência buscando acompanhar se a concentração de acrilamida está aumentando ou diminuindo nos alimentos.

No Brasil, a pesquisa quanto à ingestão de acrilamida deve ser incentivada e continuada visando analisar diversos alimentos buscando a concentração de acrilamida nos produtos comercializados no Brasil e estipular a ingestão através de uma dieta completa para todos os grupos abrangidos pela POF. Além disso, o poder público poderia criar certas medidas visando diminuir a concentração de acrilamida em alimentos como, por exemplo, a criação de cartilhas em português e treinamentos sobre o processamento de alimentos com tendência a formação de acrilamida. Dessa forma, indústrias de alimentos e serviços, como restaurantes, podem compreender como tal substância afeta a saúde da população e que, com a adoção de medidas simples como alterações no processamento, ou a utilização da enzima asparaginase, é possível evitar ou reduzir sua formação. Além disso, outra estratégia é educar as pessoas quanto aos alimentos que apresentam acrilamida e conscientizar sobre o consumo moderado destes, estimulando uma dieta equilibrada e evitando o consumo de alimentos fritos, açucarados e farináceos, uma vez que grande parte da população não tem o conhecimento da presença dessa substância nos alimentos.

Por fim, é preciso ainda mais pesquisas em relação ao comportamento da acrilamida no organismo humano, uma vez que todos os referenciais toxicológicos são baseados em experimentos realizados em animais, e a extrapolação dessas informações para humanos pode causar a perda de precisão dos dados.

8 REFERÊNCIAS

ABIC. **Métodos de preparo**. 2021. Disponível em: https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/metodos-de-preparo/. Acesso em: 11 dez. 2021.

ABIC. Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grãos e Cafés Torrados e Moídos. **Associação Brasileira da Indústria de Café**, p. 1–38, 2018.

ABT, E. et al. Acrylamide levels and dietary exposure from foods in the United States, an update based on 2011-2015 data. **Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment**, v. 36, n. 10, p. 1475–1490, 2019.

ANDREGHETI, Alessandra Maria Sautieff. **EMBALAGENS PARA PRODUTO DE ELEVADA HIGROSCOPICIDADE: CAFÉ SOLÚVEL**. 2015. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Embalagens, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2015.

ARVANITOYANNIS, I. S.; DIONISOPOULOU, N. Acrylamide: Formation, Occurrence in Food Products, Detection Methods, and Legislation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 6, p. 708–733, 17 jan. 2014.

ARISSETO, A. P. et al. Contribution of selected foods to acrylamide intake by a population of Brazilian adolescents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 207–211, 2009.

BAGDONAITE, K.; DERLER, K.; MURKOVIC, M. Determination of acrylamide during roasting of coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6081–6086, 2008.

BARÓN CORTÉS, W. R.; VÁSQUEZ MEJÍA, S. M.; SUÁREZ MAHECHA, H. Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 100, n. April, p. 103934, jul. 2021.

CASSIELE COSTA DE PAULA, N.; CALDEIRA SILVA, F. Café (Coffea L): matéria-prima, processamento e qualidade. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10, n. 4, p. 144, 2019.

EFSA. Acrylamide in Food. EFSA Explains Risk Assessment. **2015**, n. COMMISSION REGULATION (EU) 2017/2158. (2017). 20 November. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32017R2158, p. 4, 2015.

EFSA. Scientific Opinion on acrylamide in food. **EFSA Journal**, v. 13, n. 6, 2015.

Embrapa, 2015. **Café na Amazônia** / Alaerto Luiz Marcolan, Marcelo Curitiba Espindula, editores técnicos. – Brasília, DF : 474 p. : il. color. ; 18,2 cm x 25,7 cm.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Acrylamide**.: Epa, 2000. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/acrylamide.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

ERKEKOGLU, Pinar; BAYDAR, Terken. Acrylamide neurotoxicity. **Nutritional Neuroscience**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 49-57, 26 nov. 2013. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1179/1476830513y.0000000065.

EUROPEIAS, C. Regulamento (UE) 2017/2158. **Jornal Oficial das Comunidades Europeia**, v. 2017, n. 6, p. 24–44, 2017.

European Coffee Federetion. **European Coffee Report 2018/2019**: 2019. Disponível em: https://www.ecf-coffee.org/wp-content/uploads/2020/09/European-Coffee-Report-2018-2019.pdf. Acesso em: 07 dez. 2021.

GONZÁLEZ, A. G. et al. HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. **Food Chemistry**, v. 73, n. 1, p. 93–101, 2001.

HALAL, S. L. M. EL. Composição , Processamento E Qualidade Do Café. **Universidade Federal de Pelotas**, p. 46, 2008.

HU, H. et al. The relationship between acrylamide and various components during coffee roasting and effect of amino acids on acrylamide formation. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 5, p. 1–10, 2021.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. Antropometria e Estado Nutricional de Crianças e Adolescentes e Adultos no Brasil. Rio de Janeiro: Cddi, 2010.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: análise de consumo alimentar pessoal no Brasil**. [s.l: s.n.].

JECFA, F. Safety evaluation of certain contaminants in food: Acrylamide (addendum). p. 1–151, 2011.

KLAUNIG, James E.. Acrylamide Carcinogenicity. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 56, n. 15, p. 5984-5988, 15 jul. 2008. American Chemical Society (ACS). http://dx.doi.org/10.1021/jf8004492.

Koblitz, Maria Gabriela Bello. Matérias-Primas Alimentícias - Composição e Controle de Qualidade. Grupo GEN, 2011. 978-85-277-2331-2. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-2331-2/. Acesso em: 2021 ago. 24.

MESÍAS, M.; MORALES, F. J. Acrylamide in coffee: Estimation of exposure from vending machines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 48, p. 8–12, 2016.

MESIAS, M. et al. Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of French fries. part 1: Frying conditions. **Food and Chemical Toxicology**, v. 147, n. September, 2021.

MOJSKA, H. et al. Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 8–9, p. 2090–2096, 2010.

MOJSKA, H.; GIELECIŃSKA, I. Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, v. 64, n. 3, p. 173–181, 2013.

NUNES, A.; JARDIM, O.; CALDAS, D. Quim. Nova,. v. 32, n. 7, p. 1898–1909, 2009.

PORTO, A. C. V. et al. Estimated acrylamide intake from coffee consumption in Latin America. **American Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 10, n. 2, p. 91–98, 2015.

SANTOS, Rogéria Assis dos; PRADO, Marcelo Alexandre; PERTIERRA, Rosa Elena; PALACIOS, Héctor Abel. Análises de açúcares e ácidos clorogênicos de cafés colhidos em diferentes estádios de maturação e após o processamento. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.L.], v. 21, p. 1-10, 29 out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.16317.

SCICOM, S. C. Use of the 'margin of exposure' (MOE) approach for deriving risk-based action limits for carcinogens unintentionally present in food. n. June, p. 44, 2019.

SEBRAE/SC. **Estudo traz o panorama do mercado de cafés e cafeterias no Brasil**. 2019. Disponível em: https://atendimento.sebrae-sc.com.br/blog/cafe-cafeterias/. Acesso em: 30 jul. 2021.

SIROT, V. et al. Dietary acrylamide exposure of the French population: Results of the second French Total Diet Study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 3–4, p. 889–894, 2012.

SOARES, C. M. D. Determinação dos teores de acrilamida em alimentos. **Hig. aliment**, p. 370, 2006.

União Europeia. **REGULAMENTO 2017/2158 DA COMISSÃO** de 20 de novembro de 2017. Estabelece medidas de mitigação e níveis de referência para a redução da presença de acrilamida em géneros alimentícios. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=EN