

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDCLAUDIO GATO CATELLI

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS EM CERVEJAS ARTESANAIS E
TRADICIONAIS COMERCIALIZADAS NO PARANÁ**

CAMPO MOURÃO

2022

EDCLAUDIO GATO CATELLI

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS EM CERVEJAS ARTESANAIS E
TRADICIONAIS COMERCIALIZADAS NO PARANÁ**

**Analysis of the presence of metals in artisan and traditional beers sold
in Paraná**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito para obtenção do
título de Licenciado em Química do Curso de
Licenciatura em Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Departamento Acadêmico de Química – DAQUI.
Orientador: Dr. Nelson Consolin Filho.
Coorientadora: Dra. Marcilene Ferrari Barriquello
Consolin

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDCLAUDIO GATO CATELLI

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS EM CERVEJAS ARTESANAIS E
TRADICIONAIS COMERCIALIZADAS NO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito para obtenção do
título de Licenciado em Química do Curso de
Licenciatura em Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Departamento Acadêmico de Química – DAQUI.
Orientador: Dr. Nelson Consolin Filho.
Coorientadora: Dra. Marcilene Ferrari Barriquello
Consolin

Data de aprovação: 23 de Novembro de 2022

Nelson Consolin Filho
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcilene Ferrari Barriquello Consolin
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Estela dos Reis Crespan
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leticia Ledo Marciniuk
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família, por ter me fornecido uma base, total apoio e incentivo durante a graduação. E em especial em memória de meu pai Professor Edclaudio Benetti Catelli, que foi meu principal exemplo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e todas as oportunidades que apareceram ao longo da graduação sempre em momentos oportunos.

Agradeço imensamente aos meus pais pelo incentivo e por terem ajudado com tudo o que estava ao alcance, possibilitando condições mesmo nos momentos difíceis, e especialmente, em memória, ao meu pai Edclaudio Benetti Catelli, formado também em Licenciatura em Química, que foi o maior exemplo de profissional e ser humano em minha vida, o qual resolvi seguir seus passos.

Aos professores do curso de Licenciatura em Química por contribuírem com a minha formação.

Ao meu orientador e professor Dr. Nelson Consolin Filho, por ter sugerido a ideia do tema e dado total orientação e apoio para realização deste trabalho estando sempre à disposição auxiliando e de bom humor.

À professora Dra. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin, pela coorientação.

Aos membros que aceitaram participar da banca, Dra. Estela dos Reis Crespan, Dr. Nelson Consolin Filho, Dra. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin e Dra. Leticia Ledo Marciniuk.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho, pois sua elaboração só foi possível graças a várias pessoas que estiveram presentes durante esta etapa tão importante de minha vida.

Talvez não tenha conseguido fazer o
melhor, mas lutei para que o melhor
fosse feito. Não sou o que deveria
ser, mas Graças a Deus, não sou o
que era antes.
(MARTHIN LUTHER KING)

RESUMO

Este trabalho fala um pouco sobre a cerveja que é a bebida alcoólica mais consumida no planeta, proveniente de uma fermentação natural quando descoberta, mas hoje em dia industrializada e com produção em larga escala, onde se pode ocorrer possíveis contaminações proveniente do solo, da água ou até mesmo do processo de industrialização. Amostras de 10 tipos diferentes de cerveja foram adquiridas em um supermercado da cidade de Goioerê-Paraná e submetidas à análise por espectroscopia de absorção atômica em chama (FAAS) para determinação do teor de metais. Para a análise de FAAS, amostras de cerveja foram preparadas usando água deionizada como solvente. Para padrões comparativos, as amostras foram digeridas por incineração em forno mufla para disponibilização total dos metais em solução. As soluções obtidas nas duas etapas foram analisadas para os metais chumbo, cobre, ferro e o mineral metálico magnésio. Os resultados foram negativos para chumbo e cobre em todas as condições, enquanto os níveis de ferro e magnésio variaram dependendo das amostras de cervejas utilizadas.

Palavras-Chaves: cerveja; metais; espectrometria de absorção atômica com chama.

ABSTRACT

This work, he talks a little about beer, which is the most consumed alcoholic beverage on the planet, originating from a natural fermentation when discovered, but nowadays industrialized and with large-scale production, where possible contamination from the soil, water or even the industrialization process. Samples of 10 different types of beer were purchased at a supermarket in the city of Goioerê-Paraná and submitted to analysis by flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) to determine the metal content. For FAAS analysis, beer samples were prepared using deionized water as solvent. For comparative standards, the samples were digested by incineration in a muffle furnace for total availability of metals in solution. The solutions obtained in the two steps were analyzed for lead, copper, iron and the metallic mineral magnesium. Results were negative for lead and copper in all conditions, while iron and magnesium levels varied depending on the beer samples used.

.

Key words: beer; metals; flame atomic absorption spectrometry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem representativa das cervejas utilizadas.....	24
Figura 2 – Imagem representativa das amostras de cervejas após a preparação e diluição, separadas em frascos.....	25
Figura 3 – Forno mufla com controlador automático de tempo e temperatura para programas de rampas e patamares.....	26
Figura 4 – Aparelho de Absorção atômica com chama (FAAS).....	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva de calibração obtida para o elemento chumbo, fornecida pelo software do aparelho.....	32
Gráfico 2 – Curva de calibração obtida para o elemento cobre, fornecida pelo software do aparelho.....	34
Gráfico 3 – Curva de calibração obtida para o elemento ferro, fornecida pelo software do aparelho.....	36
Gráfico 4 – Teor de ferro em diferentes cervejas preparados em água deionizada.....	37
Gráfico 5 – Curva de calibração obtida para o elemento magnésio, fornecida pelo software do aparelho.....	38
Gráfico 6 – Teor de magnésio em diferentes amostras de cervejas preparados em água deionizada.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrão analítico de diluição da solução estoque para construção da curva de calibração para análise por Espectrometria de Absorção Atômica.....	28
Tabela 2 – Parâmetros de operação para análise por Espectrometria de Absorção Atômica.....	29
Tabela 3 – Parâmetros obtidos nas curvas de calibração de cada elemento.....	30
Tabela 4 – Resultados obtidos nas análises de todos os metais escolhidos em todas as amostras preparadas.....	31
Tabela 5 – Quantidade de ingestão diária recomendada do magnésio.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AO	Cerveja Original Antarctica
HK	Cerveja Heineken
AM	Cerveja Amstel
SK	Cerveja Skol
BC	Cerveja Brahma Chopp
HG	Cerveja Hoegaarden
CO	Cerveja Colorado
DB	Cerveja Dubai
AP	Cerveja Athena Purple (cerveja de vinho tinto)
RB	Cerveja Reis Beer (Frutada com essência de laranja e café)
ANVISA	Agência de Vigilância Sanitária
H ₂ O	Água
PCA	Análise de Componentes Principais – do inglês <i>Principal Components Analysis</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
R ²	Coefficiente de Linearidade
Pb	Chumbo
Cu	Cobre
Fe	Ferro
AAS	Espectrometria de absorção atômica – do inglês <i>Atomic Absorption Spepctrometry</i>
FAAS	Espectrometria de absorção atômica com chama
ETA-CM	Estação de tratamento de água de Campo Mourão – Paraná
C ₂ H ₂	Gás Acetileno
N ₂ O	Gás Oxido Nitroso
g	Gramas
g/cm ⁻³	Gramas por centímetro cúbico
° C	Graus celsius
IDR	Ingestão Diária Recomendada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
µg	Micrograma
µg/L	Micrograma por Litro
µg/kg	Micrograma por quilograma
µm	Micrômetro – correspondente a 0,000001 metro
mA	Miliampere
mg	Miligrama
mg/L	Miligrama por Litro
mg/kg	Miligrama por quilograma
mol/L	Mol por litro
nm	Nanômetro – correspondente a 0,000000001 metro
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – do inglês Food and Agriculture Organization of the United Nations
OMS	Organização Mundial de Saúde
WHO	Organização Mundial de Saúde – do inglês World Health Organization
PPB	Parte por bilhão (µg/L; µg/kg)
PPM	Parte por Milhão (mg/L; mg/kg)

Kg	Quilograma
RCD	Resolução da Diretoria Colegiada
UTFPR-CM Mourão	Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo
USDA	U.S. Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	Cerveja: Sabor e classificação	18
3.2	Principais elementos na produção da cerveja	20
3.2.1	Água	20
3.2.2	Malte.....	21
3.2.3	Lúpulo	21
3.2.4	Complementos	22
3.3	Metais e metais pesados	22
4	METODOLOGIA	27
4.1	Solventes e reagentes	27
4.2	Amostra e preparo das soluções de cerveja	27
4.2.1	Limpeza das vidrarias	28
4.3	Equipamentos	28
4.3.1	Digestão das Amostras	28
4.3.2	Espectrometria de absorção atômica	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Concentração de metais em cervejas	33
5.1.1	Concentração de chumbo	35
5.1.2	Concentração de cobre	37
5.1.3	Concentração de ferro	38
5.1.4	Concentração de magnésio	41
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A produção de cerveja, do latim, *servisia* (FERREIRA, 1986) não tem uma data específica de descoberta, mas existem algumas evidências e estudos que sugerem que o homem utiliza bebidas fermentadas há mais de 30.000 anos. Estima-se que a cerveja data de cerca de 6.000 anos atrás, com a produção tendo início na antiga Mesopotâmia, onde o Iraque está agora. A descoberta dessa bebida aconteceu por acaso durante a fermentação de alguns grãos e até pães que entraram em contato com a água, iniciando assim o processo de fermentação. As primeiras cervejas produzidas eram bem diferentes do que se tem hoje, tinham cores escuras, características fortes, diferentes tipos de contaminação e impurezas indesejadas, por não possuírem uma filtração adequada e sua base principal era a fermentação do trigo, que era muito comum na região, e hoje tem-se um processo de industrialização muito grande com diversas e também técnicas de filtragem que vêm sendo desenvolvidas junto com a tecnologia e também a adição de diversos complementos (OLIVEIRA, *et al.*, 2011).

A grande popularidade das bebidas fermentadas ocorreu na Idade Média (476 dC - 1492 dC), e mesmo a Igreja Católica se envolveu na fabricação dessas bebidas, seu envolvimento foi fundamental no aprimoramento da cerveja, e pelo fato de algumas das marcas de cerveja mais antigas terem sido fabricadas originalmente no mosteiro. A cervejaria mais antiga ainda em funcionamento no mundo é Weihenstephan em Freising, Baviera. Sua produção começou na década de 800 e é comercializada desde a década de 1040 (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O consumo de cerveja cresceu exponencialmente e hoje é uma das bebidas mais populares do mundo, uma das cinco bebidas mais consumidas do planeta e a mais consumida das bebidas alcoólicas. O país com maior consumo de cerveja do mundo é a República Tcheca, que consome 143 litros por pessoa por ano, o que equivale a uma lata de cerveja por dia. Embora o Brasil ocupe o 17º lugar em consumo per capita de cerveja, o Brasil é atualmente o terceiro maior produtor de cerveja do mundo com uma produção de cerca de 13,3 bilhões de litros, perdendo apenas para China (46 bilhões) e Estados Unidos (22,1

bilhões). A cerveja foi introduzida no Brasil em 1808 através da família real portuguesa, e a primeira cervejaria a se estabelecer no Brasil foi a Bohemia em 1853 (AMBEV, 2016; FRANCIELLI, 2012).

A cerveja, apesar de ser a bebida alcoólica mais consumida no mundo, também produz uma versão não alcoólica que pode ser utilizada como fonte de reidratação, pois é uma bebida rica em vitaminas, minerais e antioxidantes que alguns atletas utilizam durante a prática desportiva e também pessoas que apreciam e quem não quer ficar alteradas devido à influência do álcool.

De acordo com a legislação brasileira, cerveja é definida como uma bebida derivada da fermentação, levedura de cerveja, mosto de malte de cevada ou extrato de malte, com adição de lúpulo ou extrato de lúpulo por meio de processo de cozimento, podendo ser parcialmente substituído por algum outro suplemento cervejeiro (milho, aveia, arroz, centeio, sorgo, hidratos de carbono de origem vegetal, etc.). Existem também diversos tipos de cerveja, dentre as principais: Lager, Pilsen, Ale, Pale Ale, Stout, Porter, Belgian Ale, Brown, Bock, Munchner, etc. (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Com a produção e consumo desta bebida, as pessoas têm visto a importância de entender e aprimorar cada vez mais os métodos de produção e análise, e acredita-se que mesmo com todos os avanços tecnológicos, ainda pode-se encontrar alguns dos contaminantes nestas bebidas, seja por fatores naturais do solo em que suas matérias-primas são cultivadas (grão, lúpulo, fermento e água utilizada), ou ainda por um processo de produção que possui uma série de etapas desde a pulverização até a incorporação de produtos químicos que podem estar presentes no produtos do processo de fermentação, nos quais podem ser encontrados alguns metais e contaminantes (CAMILOTTI *et al.*, 2007).

A presença desses contaminantes pode decorrer de processos mecânicos existentes na indústria, todos realizados por máquinas feitas de diferentes materiais (geralmente metais), e que muitas vezes esses processos são de longa duração e geram desgaste dos equipamentos. Também causam contaminação, ou o processo de embalagem e armazenamento do produto (PRADO, 2014).

Os metais são destaques entre os contaminantes químicos e podem chegar aos consumidores devido à sua capacidade de bioacumulação nos tecidos das espécies aquáticas representa uma ameaça à saúde humana. Essa contaminação pode ser tóxica e até mesmo danificar múltiplos órgãos, alterando processos bioquímicos, organelas e membranas celulares. A principal fonte de exposição aos metais tóxicos são os alimentos, que são altamente absorvidos pelo trato gastrointestinal (REIS JUNIOR, 2014; LIMA, 2013).

Portanto, é necessário avaliar o produto final quanto a contaminantes que possam ser prejudiciais ou benéficos à saúde dos consumidores, visto que a presença de metais, mesmo em pequenas quantidades, possui propriedades cumulativas no corpo humano (OLIVEIRA, 2016). Considerando que a presença desses elementos (metais) afeta as propriedades da bebida e também sua produção, esta análise faz parte do controle de qualidade desses produtos.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo detectar e quantificar a presença dos metais cobre, ferro, chumbo e magnésio em diferentes tipos de cerveja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar e quantificar os metais presentes em alguns tipos de cervejas comercializadas, de origem industrial e artesanal.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a existência e quantificar a presença de metais pesados nestas cervejas;
- Identificar os benefícios e malefícios dos metais presentes na cerveja para o corpo humano.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cerveja: Sabor e classificação

Vários fatores determinam o sabor de uma cerveja, como a qualidade das matérias-primas, o processo utilizado, o tipo de levedura, os compostos formados naturalmente no processo e o tempo de fermentação. A cerveja pode ser dividida em duas categorias, longa fermentação (Top ou Ale) e baixa fermentação (Bottom ou Lager), a cerveja tipo PILSEN (mais popular no Brasil) é produzida com levedura de fermentação inferior (VENTURINI; CEREDA, 2000). As cervejas de alta fermentação são classificadas como do tipo ALE (AQUARONE *et al.*, 2001).

Outro elemento que dá característica marcante ao sabor dessas bebidas é o lúpulo, que pode até ser considerado “o aromatizante da cerveja”, o lúpulo (*Humulus Lupulus L.*), que vem de uma trepadeira perene que cresce em climas temperados. Na produção da cerveja, são utilizadas apenas flores femininas, das quais são extraídos resinas e óleos, agregando sabores e amargor marcantes. A produção de lúpulo no Brasil é baixa por não possuir condições climáticas adequadas para a produção, por isso a maioria é importada da Europa e dos Estados Unidos, geralmente na forma de pedaços da flor prensada, mas também na forma de flores como é encontrada na colheita. Para a produção, a primeira abordagem apenas facilita as importações, mantendo as propriedades da bebida fornecida pela planta (VENTURINI, 2000). Não apenas o sabor, mas também a aparência e o aroma da cerveja podem variar dependendo da quantidade e do tipo de produtos utilizados em sua fabricação, incluindo malte, lúpulo, levedura, álcool, ésteres e uma variedade de outros compostos que podem ser adicionados como frutas, mel ou derivados a partir da água ou do processo de fermentação até estar pronto para o consumo.

A cerveja é feita das mais variadas formas para satisfazer os diferentes gostos e há cada dia surgem mais métodos inovadores para produzir cerveja, com isso para que possa ser classificada de acordo com sua origem, e características existem alguns tipos de classificação, os principais são:

-ALE: Possui um processo de "fermentação superior", pois sua levedura permanece no topo durante a fermentação para produzir dióxido de carbono, sua cor é clara e avermelhada, e seu teor de extrato costuma ser superior a 12,5%.

-*ALTIBIER*: Aroma leve, sabor cacau do malte torrado, cor escura e alto teor de lúpulo.

-*VINHO DE CEVADA*: Também conhecido como "vinho de cevada", tem um sabor forte de lúpulo e malte e, ao contrário da maioria das cervejas, dura muito tempo.

-*BELGIAN ALE*: é o nome de uma cerveja belga, principalmente fabricada à mão, com cores e sabores muito diferentes, e subdividida em outros tipos, como *Witbier* e *Lambic*.

-*BITTER*: O nome em inglês da principal cerveja especial, bitter significa picante, amargo. Esse amargor se torna maior à medida que o lúpulo é adicionado à sua produção, e a cor varia entre amarelo, cobre e laranja.

-*BROWN ALE*: Baixo teor de lúpulo, baixo amargor, cor escura e doçura de nozes, a cerveja mais antiga produzida no Reino Unido.

-*BOCK*: Amplamente utilizado na Alemanha para denotar uma cerveja forte com alto teor alcoólico. Tem uma cor escura que vem do uso de corantes ou malte torrado.

-*DRAFT*: Cervejas de baixa fermentação com lúpulo hidrogenado ou reduzido, podem ser armazenadas em recipientes de cor clara.

-*DUNKEL*: A palavra vem do alemão e significa "escuro" e representa uma cerveja fabricada com baixa ou alta fermentação utilizando malte torrado ou corante caramelo.

-*LAGER*: são bebidas fermentadas no fundo, formam flocos durante a fermentação e ficam no fundo do recipiente.

-*LAMBIC*: Cerveja fermentada naturalmente em recipiente com frutas, também conhecida como "cerveja de frutas".

-*PALE ALE*: termo britânico usado para definir cerveja pálida, variando do amarelo ao cobre. Seu amargor varia muito.

-*PILSEN*: A principal característica vem de sua cor, cor dourada clara, álcool moderado, baixa fermentação, originária da região da Boêmia e hoje mais popular no Brasil. Sabor suave com aroma lupulado e proeminente.

-*PORTER*: É feito com malte torrado, por isso é mais escuro na cor, variando do marrom ao preto. Tem um sabor amargo com aromas de chocolate ou café.

-*STOUT*: Suas principais características são alto grau de fermentação, cor preta ou muito escura, sabor seco semelhante ao caramelo ou café e alto teor alcoólico. Um exemplo de cerveja escura vendida no Brasil é a Caracu.

-*SCOTTISH ALES*: Disponível em sabores doces, maltados e até mesmo defumados, variando de cor entre marrom e dourado.

-*WEISSBIER*: Significa "cerveja de trigo" é produzida por muita fermentação e depois passa por um processo de maturação em barris.

3.2 Principais elementos na produção de cerveja

3.2.1 Água

O principal elemento na composição da cerveja, cerca de 84% a 88%, portanto, para se obter um produto de qualidade, a água é importante, pois afeta o aroma, sabor, brilho e cor do produto final. Como a qualidade da água varia de uma região para outra, deve-se aplicar um tratamento rigoroso para que o produto final tenha um padrão de qualidade melhor.

Alguns elementos presentes na água têm um efeito negativo na produção de bebidas, tais como: cálcio (causando crostas e aumentando a acidez), sódio (aumentando a viscosidade, tornando o vinho mais encorpado e salgado), magnésio (causando adstringência e causando leve acidificação), cloro (resultando na formação de clorofenóis), ferro e sulfatos (dando à bebida um sabor mais seco e amargo). Devido a este fato, é fundamental conhecer e controlar a qualidade da fonte de água utilizada para a fabricação da cerveja, este controle também implica em um aumento dos custos de produção (RIBEIRO, 2003).

3.2.2 Malte

O malte é derivado de um processo de fermentação controlada, que pode ser chamado de maltagem ou malteação, para que isso aconteça, o grão deve ser embebido em um recipiente grande com água fria (cerca de 10 °C), então o grão atingirá uma umidade maior (teor de umidade médio de 45%) Neste ponto os grãos irão germinar, produzindo malte verde, estes grãos são então

germinados sob condições controladas de temperatura e umidade para liberar e sintetizar enzimas, quebrar o malte e produzir algumas leveduras importantes para fermentação, este processo é chamado de maceração, e finalmente outro processo é a secagem desses grãos, que interrompe o processo de germinação devido à presença de calor e umidade reduzida. Este processo confere aroma e cor ao malte de cevada. (RIBEIRO, 2003).

O malte é a matéria-prima mais cara na produção de cerveja e é o principal responsável por algumas características da cerveja como aroma, cor e sabor. O malte mais utilizado é a cevada, geralmente produzida nos Estados Unidos, Europa e Austrália, enquanto na América do Sul, a Argentina produz a maior parte da cevada. Quando este malte chega à indústria, passa por um processo de separação para retirá-lo das impurezas grosseiras, posteriormente por um filtro para retirar a casca e o pó, depois por um ímã para remover quaisquer metais que possam estar presentes e por fim por uma peneira, para separação de pedras e outros grãos de cereais que possam estar misturados antes de ser armazenado (RIBEIRO, 2003).

3.2.3 Lúpulo

O lúpulo, elemento responsável pelo caráter amargo e cheiro característico da cerveja, tem origem nas flores femininas de uma planta chamada *Humulus*. Esta planta cresce em climas frios e, enquanto os Estados Unidos produzem 30% do lúpulo do mundo, o lúpulo da República Tcheca e do norte da Europa são da mais alta qualidade (RIBEIRO, 2003)..

Esse ingrediente de grande importância, na produção da cerveja pode ser acrescentado à bebida de diversas maneiras, por meio de líquidos, extratos, flores secas ou de forma pré-isomerizadas. A adição do lúpulo deve ser feita em local resfriado e sem a presença de luz, pois a presença de luz e calor modifica sua estrutura podendo agregar aspectos desagradáveis a bebida (RIBEIRO, 2003).

3.2.4 Complementos

Ao adicionar suplementos ou aditivos conhecidos na produção eles podem ser uma fonte de amido e açúcar contribuindo para bebidas mais leves, manter a estabilidade do teor alcoólico, aumentar a estabilidade coloidal (permitindo que as bebidas sejam armazenadas por mais tempo) e reduz o custo em comparação a cervejas de puro malte. Os principais excipientes utilizados são flocos de milho, açúcar, xarope de milho, beterraba, grãos, arroz e outros excipientes usados para preparar cerveja para. Algumas delas são totalmente regulatórias, seu uso é restrito por lei, no caso do Brasil, a sacarose é limitada, na cerveja pilsen entre 10% e 15% do açúcar total no mostro, na Alemanha, por exemplo, eles acreditam que a cerveja é apenas uma bebida feita com 100% de malte de cevada. Alguns outros suplementos podem ser utilizados para conferir aroma e sabor do suco de uva à fermentação, como a adição de frutas (RIBEIRO, 2003).

3.3 Metais e contaminantes

Os metais são elementos indispensáveis ao ser humano, vitais para o funcionamento ideal do organismo e extremamente relevantes para o desenvolvimento tecnológico. Possuem características que diferem dos elementos classificados como não-metais, principalmente: brilho, condutividade elétrica, dureza, ductilidade e alto ponto de fusão.

Existem várias subdivisões de metais com base nas características mais específicas observadas, sendo um dos conceitos mais utilizados os metais contaminantes, que na maioria das vezes estão associados a substâncias tóxicas, nocivas ao meio ambiente. No entanto, os metais tóxicos possuem múltiplas definições e não estão necessariamente relacionados à toxicidade.

Em relação às propriedades químicas, a definição leva em consideração massa específica (acima de $\sim 4,0\text{g/cm}^3$), massa atômica (acima de 23g) e número atômico (acima de 20), cujos valores de referência podem variar, sendo o primeiro o dominante (DUFFUS, 2002). Além disso, considerou-se a formação de sulfetos e hidróxidos insolúveis para formar soluções aquosas coloridas e sais

de complexos coloridos (HAWKES, 1997). Assim, na maioria dos casos, a definição de metais contaminantes é independente de sua toxicidade, porém, os danos à saúde e ao meio ambiente causados pelo manuseio incorreto dos metais fazem com que essa relação seja estabelecida.

Existem metais de ocorrência natural nos solos, incluindo metais tóxicos, no entanto, atividades como vulcânicas, mineração, atividades industriais e agrícolas podem aumentar suas concentrações, assim como o descarte inadequado de materiais contendo metais pesados. As principais características dos metais pesados são seus altos níveis de reatividade e bioacumulação, que são responsáveis pelos riscos toxicológicos que apresentam.

Plantas cultivadas em ambientes contaminados com esses metais respondem à poluição de diferentes maneiras, podendo ser sensíveis a sintomas de toxicidade ou desenvolver tolerância a eles por meio do desenvolvimento de mecanismos de defesa. Em outras palavras, as plantas podem não sobreviver porque os metais pesados podem interferir no metabolismo dos nutrientes, ou podem se adaptar por meio de processos intracelulares ou extracelulares (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Como mencionado acima, além da poluição do solo e da água por contato direto, os resíduos tóxicos também podem poluir o ar quando queimados. Por fim, além dos metais tóxicos, o tratamento inadequado do solo também pode formar outras substâncias tóxicas, como dioxinas e furanos (MATTOS, 2008).

Outro metal muito encontrado não somente no solos mas também na água é o magnésio e por ter uma massa específica de $1,7 \text{ g/cm}^3$, o magnésio não se enquadra na definição de metal pesado e, portanto, não é considerado tóxico em relação aos metais que se enquadram nessa categoria. O magnésio, um metal alcalino-terroso, é um dos nutrientes mais importantes para a nossa saúde e bem-estar, é o quarto mineral mais abundante em nosso corpo e está envolvido em mais de 300 reações bioquímicas. O corpo humano contém 20 a 28 gramas de magnésio, a maioria concentrada nos ossos (60 a 65%) e músculos (34 a 39%).

Também pode ser encontrado em muitos alimentos, suplementos, medicamentos e até mesmo na água. De acordo com as diretrizes da ANVISA, a quantidade diária recomendada de magnésio para adultos é de 260 mg. Varia

de acordo com a idade e para mulheres grávidas e lactantes. Conforme demonstra na Tabela 5.

Tabela 05: Quantidade de ingestão diária recomendada do magnésio.

Idade	Quantidade diária de magnésio recomendada
0 a 6 meses	36 mg
7 a 11 meses	53 mg
1 a 3 anos	60 mg
4 a 6 anos	73 mg
7 a 10 anos	100 mg

Fonte: IBGE (2011, p. 35)

A recomendação diária de magnésio para mulheres grávidas é de 220 mg. Para mulheres lactantes, essa quantidade aumenta para 270 mg.

O magnésio é oitavo elemento mais abundantes na crosta terrestre, representando cerca de 2,5% da massa da crosta terrestre, e o nono elemento mais abundante em todo o universo conhecido. Esta abundância de magnésio está relacionada ao fato de que ele é facilmente formado em uma supernova (explosões estelares), pela adição sucessiva de três núcleos de hélio ao carbono (que, por sua vez, consiste em três núcleos de hélio). A alta solubilidade dos íons de magnésio na água garante sua posição como o terceiro elemento mais abundante na água do mar, o que auxilia no manuseio e, portanto, na exposição que pode ocorrer através do consumo de alimentos e água. Diferente de outros elementos, pode ser considerado um metal pesado, e ao mesmo tempo tem a função de fornecer uma quantidade suficiente de nutrientes essenciais, como zinco, cromo, cobre etc. O magnésio possui propriedades nutricionais porque está envolvido nas atividades biológicas humanas e seu consumo não beneficia quem o consome. No entanto, os valores de dose de ingestão recomendados descritos pela AVISA foram mostrados anteriormente.

O magnésio desempenha um papel importante no corpo humano sendo fundamental em mais de 300 reações bioquímicas que são vitais para o corpo humano. Os benefícios do magnésio incluem auxiliar na função muscular e nervosa, regular a pressão arterial, estimular o sistema imunológico e muito mais, dentre elas estão:

Melhorar a função cerebral: Concentrações suficientes de magnésio em nosso corpo favorecem a neuroplasticidade e aumentam a atividade cerebral, o que auxilia no aprendizado e na memória de curto e longo prazo.

Aliviar o estresse, a ansiedade e a depressão: O magnésio também está envolvido na produção de serotonina, um neurotransmissor que ajuda a reduzir a ansiedade e contribui para a saúde física e mental.

Prevenção da osteoporose: Este importante mineral é necessário para a formação óssea e previne doenças como a osteoporose. O magnésio está envolvido na produção de hormônios que regulam os níveis de cálcio no sangue e na ativação da vitamina D, que ajuda o corpo a absorver o cálcio.

Reduzir o risco de pressão alta e doenças cardíacas: Um dos principais benefícios do magnésio é seu papel no controle da pressão alta e doenças cardíacas. Este mineral ajuda a prevenir o acúmulo de gordura nos vasos sanguíneos e regula a pressão arterial, reduzindo a chance de complicações cardiovasculares.

Prevenção de enxaqueca e dor de cabeça: O magnésio também atua nos vasos sanguíneos do crânio e ajuda a prevenir enxaquecas e dores de cabeça.

Ajudar a função muscular: Outra função muito importante do magnésio é sua capacidade de melhorar a contração muscular. Esse mineral ajuda a prevenir câimbras por estar relacionado ao potássio, além de auxiliar na recuperação muscular, nutriente importante para o desempenho físico.

Ajuda a tratar a diabetes: Este mineral também está envolvido no metabolismo da glicose e na produção de insulina, ajudando a prevenir o diabetes tipo 2.

Aliviar a dismenorrea e a TPM: Suplementos de magnésio são prescritos para mulheres para ajudar a reduzir cólicas e outros sintomas da síndrome pré-menstrual (TPM).

Combate azia e indigestão: Ajuda a aliviar a azia e a indigestão na forma de hidróxido de magnésio, comumente encontrado em laxantes e antiácidos.

4 METODOLOGIA

4.1 Solventes e reagentes

Para realizar as análises foram necessárias soluções-padrão de grau analítico para alguns metais. O solvente que se utilizou-se é a água deionizada, disponível na UTFPR - CM (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campo Mourão).

Foram utilizadas soluções-padrão com reagentes de grau analítico para os elementos (Fe, Pb, Cu e Mg) de interesse da análise.

4.2 Amostras e preparo das soluções de cerveja

Adquiriu-se diferentes amostras em estabelecimentos comerciais da cidade e região de Goioerê. Cervejas fáceis de encontrar são: Antartica Original (AO), Heineken (HK), Amistel (AM), Skol (SK), Brahma Chopp (BC), Hoegaarden (HG), Colorado (CO), Dubai Beer (DB), Athena Purple (AP) e Reis Beer (RB), sendo esta última artesanal, representadas respectivamente na Figura 1. Não foram consideradas as informações sobre onde os materiais utilizados como matéria-prima foram cultivados, processados, produção e origem vegetal.

Uma certa quantidade de cerveja e solvente (diluição) foi usada para preparar a solução. Nesta análise, a razão de diluição foi de 1:10 (cerveja/solvente).

Figura 1 – Imagem representativa das cervejas utilizadas.



Fonte: Autoria própria, (2022)

Mediu-se 10 mL de solução de cerveja (com precisão de $\pm 0,1$ mL) em uma pipeta volumétrica de 10 mL e transferida para um balão volumétrico de 100 mL, encheu-se até o menisco com água deionizada preparando assim um total de 10 amostras, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Imagem representativa das amostras de cervejas após a preparação e diluição, separadas em frascos.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.1 Limpeza das vidrarias

Para eliminar possível contaminação residual, todos os materiais de vidro ou plástico (polipropileno) usados para preparar ou armazenar as amostras foram pré-lavados e armazenados em temperatura ambiente até secarem. Em seguida, foram decapados em solução de limpeza preparada pela adição de 500 mL de ácido a uma porção de ácido nítrico e água deionizada em 4500 mL de água (HNO_3 ca. 1,1 mol/L), e mantidos por 24 horas, com enxague em água deionizada para eliminação de impurezas que possam atrapalhar na pesquisa.

4.3 EQUIPAMENTOS

4.3.1 Digestão das amostras

O processo de digestão se deu por meio de incineração das amostras, adotando a metodologia relatada por Cumont *et al.* (2000) adaptada. Utilizou-se

um volume de 3,0 mL de cada cerveja medidas em uma pipeta volumétrica limpa e em seguida colocados na mufla com controlador automático de temperatura como mostrado na Figura 3.

O objetivo da digestão foi a disponibilização de todo o metal que estava presente nas cervejas em suas formas iônicas.

Figura 3 – Forno mufla com controlador automático de tempo e temperatura para programas de rampas e patamares.



Fonte: A autoria própria (2022).

A temperatura inicial adotada foi de 50° C onde se incorporou uma taxa de acréscimo de temperatura de 50° C a cada hora até que se alcançasse a temperatura de incineração de 450° C, onde as amostras permaneceram por mais 8 horas. Após a incineração das amostras, os cadinhos foram preservados em dessecador de vidro contendo sílica gel até que atingissem temperatura ambiente. Posteriormente, acrescentou-se diretamente ao cadinho 5 mL de ácido clorídrico 6 mol/L para embeber o meio em ácido e evaporou-se aos poucos em chapa de aquecimento a uma temperatura média de 100° C ($\pm 10^\circ$ C). O resíduo restante foi diluído em 12,5 mL de ácido nítrico 0,1 mol/L e 12,5 mL de água deionizada. A solução obtida foi diluída na proporção 1:10 e em seguida

armazenada em refrigeração até a realização da análise em espectrofotômetro de absorção atômica.

4.3.2 Espectrometria de absorção atômica

Análises de metais tóxicos e minerais como magnésio, cobre, ferro e chumbo (Mg, Cu, Fe e Pb respectivamente) foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Analytik Jena e modelo NOVAA 300, disponível na UTFPR-CM.

Figura 4 – Aparelho de Absorção atômica com chama (FAAS).



Fonte: Autoria própria (2022).

Soluções analíticas contendo Cu, Fe, Pb e Mg foram preparadas a partir de soluções padrão certificadas com respectivas concentrações iônicas de 1000 ± 2 mg/L, que estão comercialmente disponíveis, e então rigorosamente diluídas com água deionizada. Essas soluções preparadas por diluição foram usadas para criar curvas de calibração. Posteriormente, na seção de operação do espectrofotômetro, são definidos os comprimentos de onda específicos para cada metal e cada metal foi analisado com a lâmpada apropriada, além de controlar a largura da fenda, intensidade, correção de ruído (perdas). Na

construção da curva de calibração e na análise realizada no equipamento, o tipo de chama para todos os elementos analisados foram ar/acetileno conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Padrão analítico de diluição da solução estoque para construção da curva de calibração para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica.

Elementos	Diluição para curva de calibração em mg/L					
Chumbo	0,0	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0
Cobre	0,0	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0
Magnésio	0,0	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0
Ferro	0,0	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0

Fonte: Autoria própria (2022).

As condições de operação do espectrofotômetro de absorção atômica predefiniram os comprimentos de onda característicos para cada elemento químico, com lâmpada específica, largura de fenda, intensidade da lâmpada e correção de ruído, para os elementos Fe, Pb, Mg e Cu, o tipo de chama utilizado é ar/acetileno para todos metais em questão, apenas se utilizaria um gás diferente caso o metal em análise exigisse um gás mais oxidante, como por exemplo no caso do alumínio. Ajustou-se os parâmetros para cada medição conforme pode ser observado na Tabela 2. Com informações de gás oxidante, comprimento de onda, espessura da fenda e a corrente da lâmpada utilizada para a leitura de cada metal.

Tabela 2 – Parâmetros de operação para análise por Espectrometria de Absorção Atômica.

Parâmetros				
	Ferro	Chumbo	Cobre	Magnésio
Combustível/Oxidante	C ₂ H ₂ /Ar sintético	C ₂ H ₂ /Ar sintético	C ₂ H ₂ /Ar sintético	C ₂ H ₂ /Ar sintético
Comprimento de onda (nm)	248,3	283,3	324,8	285,3
Espessura da Fenda (nm)	0,2	1,2	1,2	1,2
Corrente da lâmpada (mA)	6,0	3,0	3,0	6,0

Fonte: Autoria própria (2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Concentração de metais em cervejas

A curva de calibração obtida a partir da diluição metálica do padrão analítico alvo atendeu à validação de linearidade com coeficiente de correlação (R^2) superior a 0,99. As equações de regressão linear e os valores de faixa dinâmica apresentados são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros obtidos nas curvas de calibração para cada elemento.

Parâmetros			
Elementos	Regressão	R^2	Faixa dinâmica (mg/L)
Chumbo	$y = 0,005711 x - 0,000747$	0,9987	0,01 – 11,0
Cobre	$y = 0,040097 x + 0,000266$	0,9984	0,05 – 11,0
Magnésio	$y = 0,000816 x - 0,000245$	0,9984	1,33 – 4,38
Ferro	$y = 0,024417 x + 0,000825$	0,9989	0,28 – 2,46

Fonte: Autoria própria (2022).

Os resultados para os níveis de metal mostrados na Tabela 3 foram obtidos com base na razão entre a massa utilizada e o volume de diluição. Para facilitar a interpretação dos resultados, esses números são arredondados de acordo com as regras de arredondamento de números decimais propostas pela ABNT (NBR 5891, 2014).

As leituras obtidas para cada cerveja e metais analisados podem ser observadas na Tabela 4, os cálculos de diluição/multiplicação foram aplicados em todas as amostras.

Tabela 4: Resultados obtidos nas análises de todos os metais escolhidos em todas as amostras (em mg/L).

SIGLA	CERVEJAS	FERRO	MAGNÉSIO	CHUMBO	COBRE
AO	Original	ND	40,97	ND	ND
HK	Heineken	ND	41,18	ND	ND
AM	Amstel	ND	41,11	ND	ND
SK	Skol	0,02819	40,91	ND	ND
BC	Brahma Chopp	0,04171	40,85	ND	ND
HG	Hoegaarden	0,03803	41,28	ND	ND
CO	Colorado	0,0499	41,52	ND	ND
DB	Dubai	0,0446	41,45	ND	ND
AP	Athena Purple	1,462	40,87	ND	ND
RB	Reis Beer	0,3183	41,11	ND	ND
CURVA	Padrão (1,0 mg/L)	1,07	12,42 *	0,9928	0,9902

Observação: Valor com (*) foi analisado uma amostra de água (H₂O) fornecida pela UTFPR disponível nos bebedouros da universidade. Água sem preparo ou filtração. ND – não detectado.

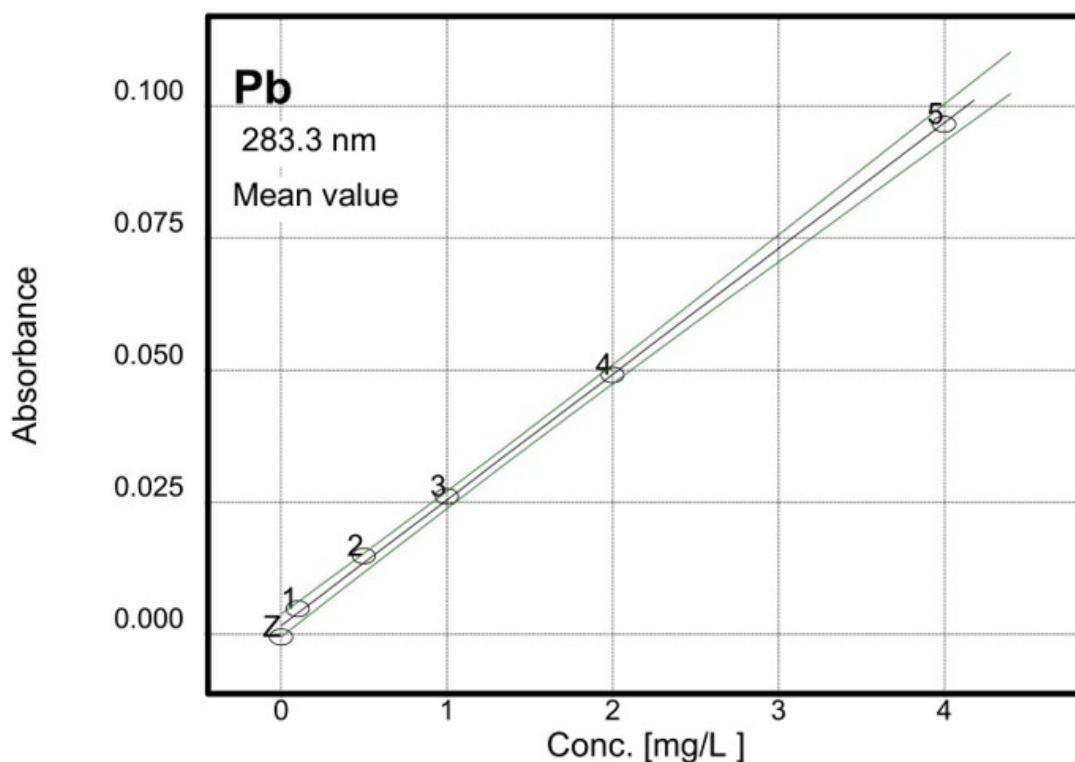
Fonte: Aatoria Própria (2022).

Sempre ao término das análises, voltou-se a análise de uma solução padrão (1,0 mg/L), isto foi utilizado para verificar a regeneração da curva de calibração, ou seja, a perda de capacidade de medida no aparelho. O valor obtido foi de 1,07 mg/L, o que possibilitou maior confiança nas medidas realizadas nas amostras. Isso se faz importante para ter uma certeza de que o aparelho está realizando as leituras corretamente, pois pode ocorrer diversos tipos de interferência, após algumas análises podendo assim alterar os resultados obtidos. Com exceção do magnésio que ao final testou-se uma amostra de água proveniente da torneira, sem preparo ou qualquer tipo de filtração, ou seja, uma água proveniente diretamente da estação de tratamento e distribuição da Sanepar da cidade de Campo Mourão. Realizou-se essa análise pois sabe-se que o Mg é um metal que se faz necessários para o funcionamento do corpo humano e sabe-se também que está presente entre os minerais disponíveis na água. Desta maneira optou-se por realizar essa comparação da água da estação de tratamento com as amostras de cervejas para ter uma base se o magnésio presente na bebida é proveniente apenas da própria água ou se algum outro ingrediente que compõe o quadro de matéria prima para produção de bebidas fermentadas.

5.1.1. Concentração de chumbo (Pb)

As amostras de cervejas preparadas da diluição da mesma com água deionizada não apresentaram valor significativo na detecção de contaminação por chumbo. A partir da curva de calibração para chumbo elementar (Pb) apresentada na Gráfico 1, pode-se observar um aumento no coeficiente de linearidade (R^2), atendendo aos critérios de validação apresentados acima. Ressalta-se que a unidade de medida do espectrofotômetro de absorção atômica é mg/L, ou seja, o número de miligramas de metal por litro de solução, considerando que a densidade da água é 1g/mL, e a unidade de medida de sólido é mg/Kg, na cerveja, miligramas de metal por litro de cerveja.

GRÁFICO 1 – Curva de calibração obtida para o elemento chumbo, fornecida pelo software do aparelho.



Fonte: Autoria própria (2022).

Os valores de concentração relativamente baixos usados em ordem crescente de 0,1 mg/L a 4,0 mg/L na construção da curva indicam que se houvesse contaminação dessa natureza na amostra, a detecção seria realizada. Isso é possível em quantidades inferiores a 0,1 mg/L, pois pode-se observar que

a curva suporta a extrapolação para um limite próximo a 0,01 mg/L, o que permitiria ao menos verificar a presença de chumbo e, ainda, determinar este requisito, estabelecer outra curva de calibração com valor inferior a 0,1 mg/L.

A atual regulamentação brasileira que estabelece níveis máximos de contaminantes inorgânicos em diversos alimentos é a Resolução - RCD nº 2 mg/kg para chumbo. O chumbo não tem nenhum papel na atividade humana, e a ingestão de chumbo interfere em sua função normal, por isso é considerado um elemento biologicamente tóxico. Segundo Capitani (2009), a ingestão provisória aceitável de chumbo para adultos é de aproximadamente 25 µg/kg de peso corporal por semana, o que equivale a 0,002 g desse contaminante na dieta de uma pessoa de 80kg, ou até 0,00025 g/dia. A maior preocupação, porém, são as crianças menores de seis anos, que são mais vulneráveis porque conseguem absorver até metade do que consomem, o que pode ter efeitos a longo prazo.

Outra estimativa é que as crianças não devem ultrapassar o limite de 0,00006 g/dia, que pode ser menor se considerado o fator de segurança (10), que estabelece o limite de 0,000006 g/dia. No entanto, Jordan e coautores (2003) relataram em um estudo anterior envolvendo crianças com índices de poluição abaixo dos níveis toleráveis que o consumo de chumbo não está em níveis seguros e tem o potencial de provocar danos e comprometer diretamente o desenvolvimento infantil, como anteriormente também foi observado em outro estudo desenvolvido por Pereira (2013). No entanto, as substâncias tóxicas como chumbo têm efeito cumulativo no corpo humano e, uma vez ingeridas, penetram facilmente nas membranas celulares e permanecem estáveis no tecido adiposo onde possuem afinidade o que dificulta sua degradação ou eliminação pelo organismo, promovendo assim um acúmulo nos rins e fígado (KECK, 2002).

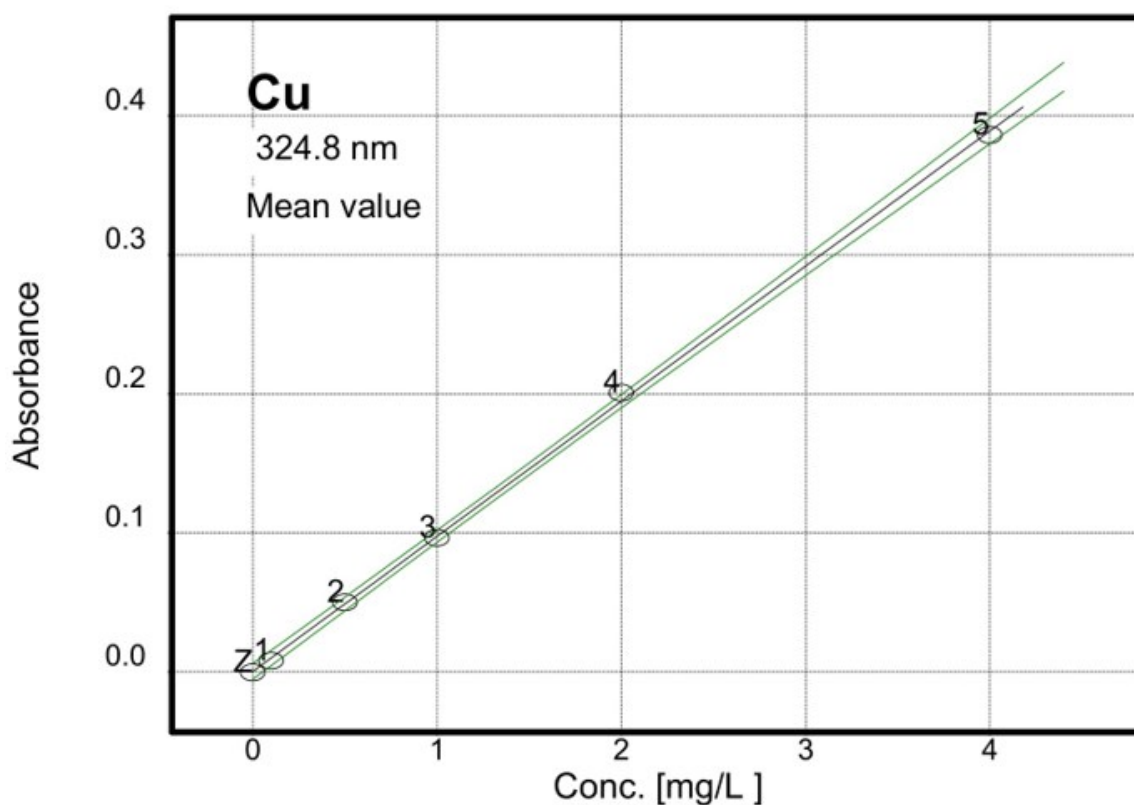
Como não foram encontrados valores representativos ou possíveis sinais de contaminação nessas amostras, assumiu-se que todas as cervejas testadas estavam em conformidade com as normas vigentes, estavam em concentrações tão baixas que o FAAS não conseguiu detectar níveis de ppb (µg/kg) e permaneceu inalterado pela possibilidade de contaminação com este elemento. Dado que este tipo de contaminação por metais é um tipo comum no meio ambiente e pode vir de diferentes fontes, esse tipo de contaminação por metais

deve ser constantemente analisado para investigar se seus níveis permanecerão seguros em todos os momentos.

5.1.2. Concentração de cobre (Cu)

Assim como o chumbo, nenhum teor de cobre (Cu) foi encontrado nas amostras analisadas. A curva de calibração para este elemento é apresentada na Gráfico 2 e atende aos critérios de validação com boa linearidade.

GRÁFICO 2 – Curva de calibração obtida para o elemento cobre, fornecida pelo software do aparelho.



Fonte: Autoria própria (2022).

No entanto, diferentemente do chumbo, o cobre não está descrito na resolução supracitada (BRASIL, 2013), que é utilizada como parâmetro legislativo brasileiro para a conformidade de bebidas. A falta desses dados pode estar relacionada às propriedades do cobre, um mineral essencial para o ser humano apesar de ser considerado um metal pesado e tóxico em altas concentrações. Por isso, o cobre tem valor nutricional e é facilmente encontrado

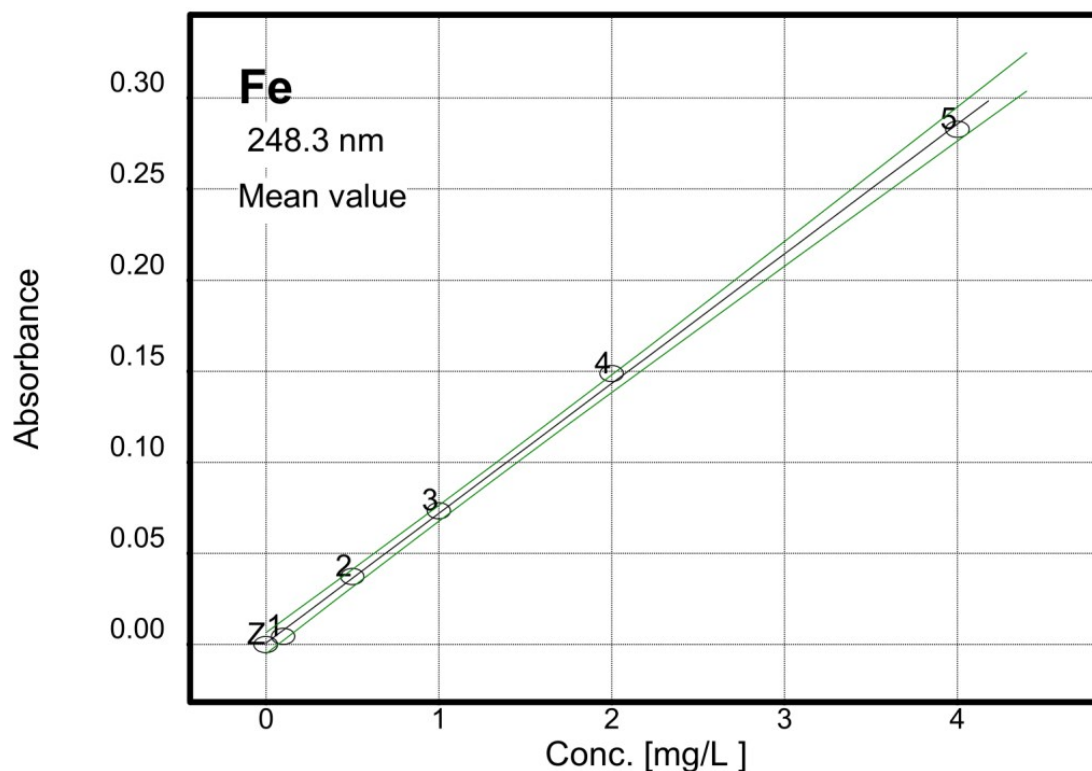
no caldo de cana, além de ser distribuído em diversos alimentos. O Decreto nº 685 de 27 de agosto de 1998 (BRASIL, 1998), que regulamenta os teores máximos de cobre em diversos produtos alimentícios, não foi atualizado do atual Decreto RCD nº 42 de 2013, conforme seu art. 3º: “Art. 3º Ficam retirados os limites máximos de arsênio, cádmio, chumbo, estanho e mercúrio constantes do anexo à Portaria SVS nº 685, de 27 de agosto de 1998” (BRASIL, 2013). Portanto, de acordo com os regulamentos antigos, o teor de cobre em vários alimentos varia de acordo com a categoria, variando de 0,1 a 10 mg/kg. A ANVISA (2005) atribui aproximadamente 0,9 mg de cobre através da ingestão mineral diária recomendada para adultos, e para crianças de 0 a 10 anos, o cobre varia de 0,2 a 0,44.

Nenhuma das amostras testadas apresentou níveis detectáveis de cobre, uma admissão de que isso é positivo para o cumprimento da legislação brasileira e, por outro lado, seu valor nutricional é baixo. Espera-se que esses valores possam ser inferiores aos sugeridos pela legislação, mas também contribuiriam para a ingestão alimentar desse nutriente, a partir de algumas matérias-primas e/ou do processo de fabricação utilizado para a produção da cerveja.

5.1.3. Concentração de ferro (Fe)

Assim como os demais metais testados, a curva de calibração do ferro mostrada na Gráfico 3, corresponde aos níveis de elementos contidos nas amostras analisadas. Esses valores variam de acordo com o tipo de água utilizada e as condições inerentes a cada matéria prima para produção da cerveja, reforçando o comportamento anterior desse metal.

GRÁFICO 3 – Curva de calibração obtida para o elemento Ferro, fornecida pelo software do aparelho.



Fonte: Autoria própria (2022).

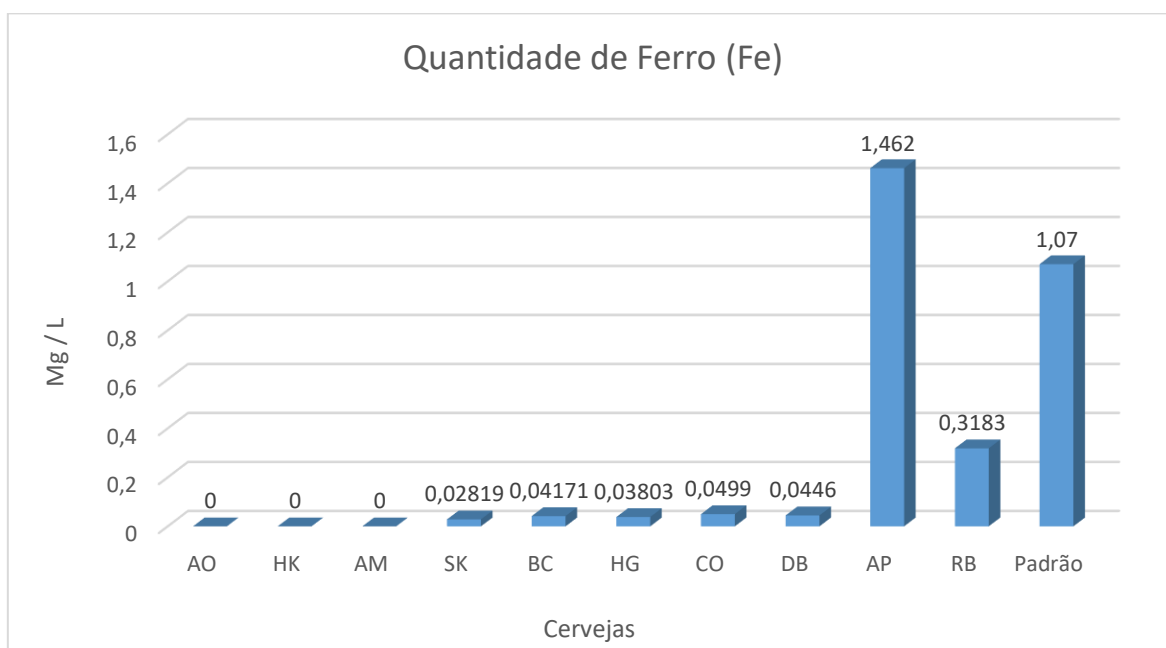
O ferro apesar de ser considerado um metal tóxico, em certas quantidades ele também é um mineral essencial para a manutenção da atividade humana. A importância do consumo de ferro está diretamente relacionada ao papel que desempenha nas atividades químicas e biológicas vitais para a manutenção do organismo, como sua presença na molécula heme, a formação de diversas proteínas, transporte de oxigênio, produção de energia e ajuda a eliminar substâncias que são prejudiciais ao organismo. No entanto, o excesso de ferro reage com o oxigênio e gera radicais hidroxila e ânions superóxido, que por sua vez reagem com proteínas, lipídios e ácido desoxirribonucleico (DNA), resultando em dano celular (GROTTO, 2010).

No entanto, há maiores preocupações com a deficiência de ferro, pois traz maiores riscos à saúde, sendo o principal problema a anemia ferropriva, caracterizada pela falta de ferro no organismo e ingestão insuficiente de alimentos. Essa condição faz com que os níveis sanguíneos de hemoglobina caiam para níveis considerados defeituosos, o que pode levar a uma variedade

de sintomas, incluindo a incapacidade do sangue de transportar oxigênio para as células, uma tarefa especificamente atribuída à molécula de hemoglobina. Esse tipo de anemia ferropriva é a mais comum, não só no Brasil, mas na maior parte do mundo, caracterizando-se, portanto, como um problema de saúde pública mundial descrito pela Organização Mundial da Saúde, chamando a atenção do Ministério da Agricultura no Brasil. Com ferro em alimentos fortificados para prevenir deficiências deste mineral, especialmente em determinadas populações como mulheres e crianças. (OMS, 2001; FAO/OMS, 2001; Brasil, 2009).

A ANVISA (2005) enfatiza a importância da ingestão de ferro, recomendando a ingestão de 14 mg por dia para adultos e 0,27 a 9 mg por dia para crianças, que varia de acordo com a idade. Os valores extremos de concentração de ferro na solução de cerveja diluídas em água deionizada foram 1,46 e 0,028 mg/L, respectivamente, conforme mostrado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Teor de Ferro em diferentes cervejas.



Fonte: Autoria própria (2022).

Considerando o teor de ferro detectado no meio aquoso, apenas um tipo de cerveja apresentou maior valor em relação aos demais, e esse foi o tipo de cerveja de vinho, o que pode explicar a mudança no teor de ferro, uma vez que

a uva foi utilizada como ingrediente na produção desta bebida, cuja composição química é rica neste elemento. A uva é o fruto da videira que é utilizada frequentemente para produzir sumo, doce, vinho e passas, podendo também ser consumida ao natural, a mesma contém 3,0 mg/kg de ferro em sua composição (USDA, 2022).

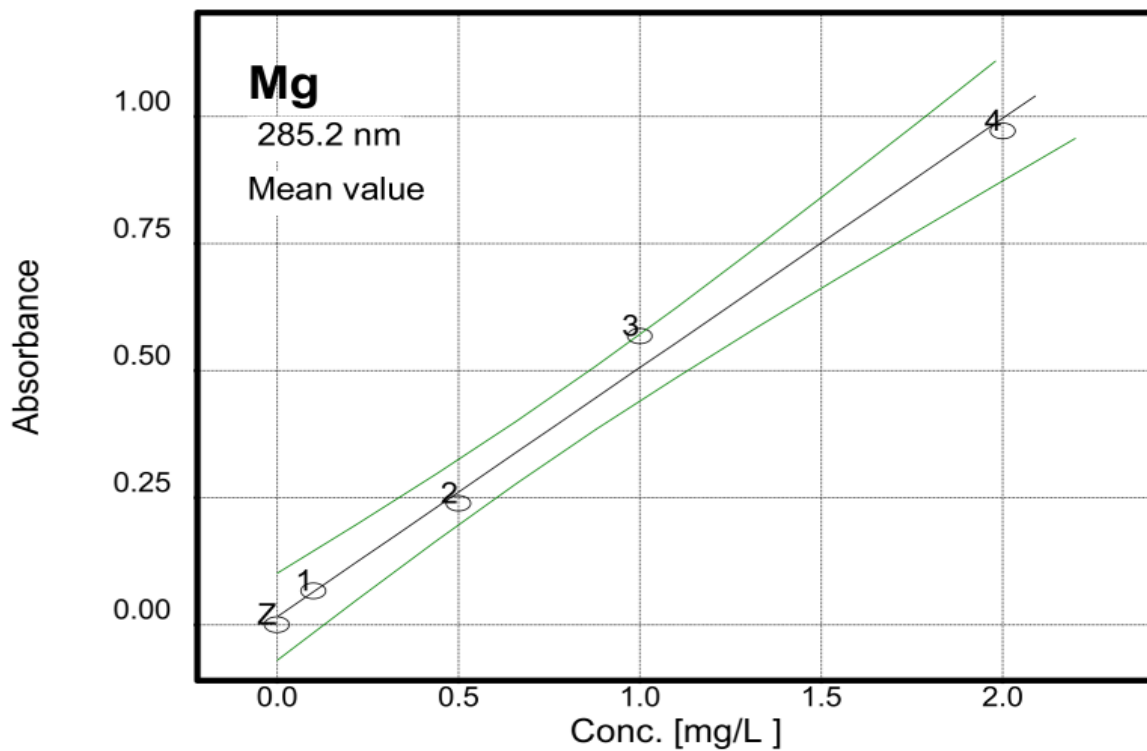
Por outro lado, vale ressaltar que, das amostras analisadas, nenhuma delas corre risco de contaminação, tendo em vista que os valores ainda são baixos e não podem ultrapassar os limites recomendados por si só. Do ponto de vista nutricional, utilizando os valores obtidos das amostras analisadas e convertidos em consumo diário per capita, segundo dados da POF do IGBE (2011), pode-se deduzir que as cervejas frutadas de uva e laranja (AP e RB) respectivamente são as mais indicadas na ingestão diária de ferro, pois tem um valor significativo detectado do elemento, porém ainda está bem abaixo do valor recomendado pela ANVISA (2005) uma vez que os valores encontrados nessas amostras ultrapassaram as demais amostras de cervejas analisadas, conforme gráfico 4.

5.1.4. Concentração de magnésio (Mg)

Embora a curva de calibração não tenha apresentado valor inferior a 4,0 mg/L, ela atendeu às necessidades de medição devido ao alto teor de magnésio na cerveja testada. As curvas resultantes são mostradas na Gráfico 5, com as amostras de cerveja mostrando níveis variados de concentração de magnésio.

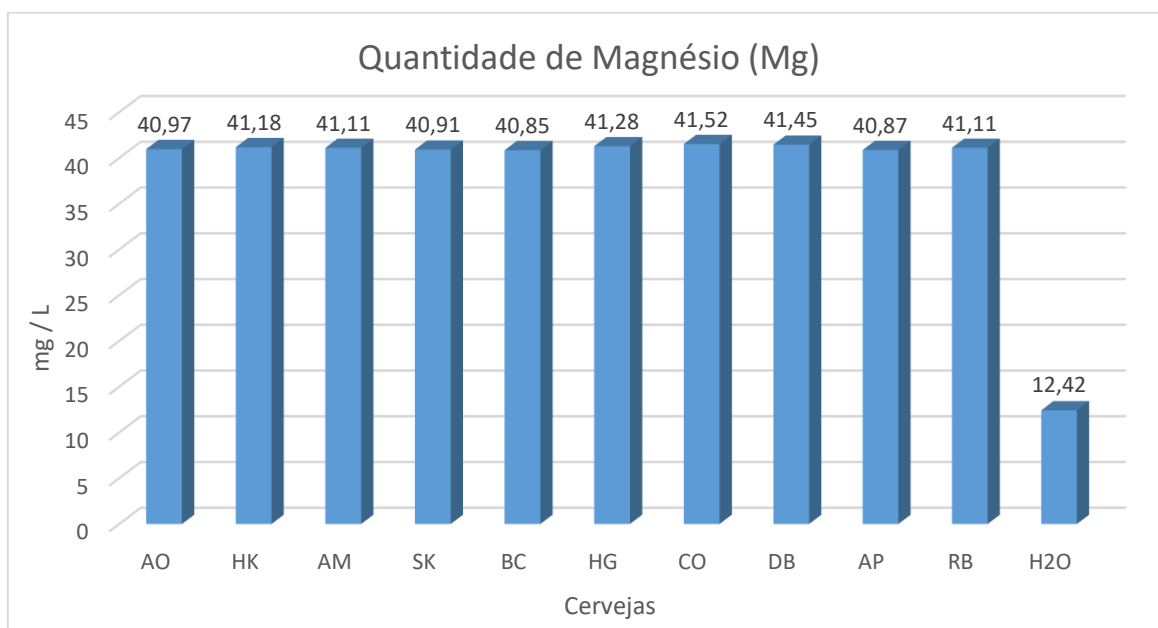
Esta quantidade de magnésio presente na bebida pode ser originada da água utilizada em sua produção, pois a água tem em média 10mg/kg (ou 10mg/L), de magnésio em seus minerais e também provem de algumas de suas matérias primas com por exemplo o malte que possui 150mg/kg desse elemento em sua composição (USDA 2022). Por esse motivo obteve-se altos teores de magnésio nesse tipo de bebida.

GRÁFICO 5 – Curva de calibração obtida para o elemento Magnésio, fornecida pelo software do aparelho.



Fonte: Autoria própria (2022).

Gráfico 6 – Teor de Magnésio em diferentes amostras de cervejas preparados em água deionizada.



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao comparar os diferentes tipos de cervejas e a ingestão semanal máxima permitida desses elementos pela FAO/OMS e ANVISA, observou-se que as amostras analisadas não apresentavam risco de intoxicação por nenhum dos metais analisados. Considerando que um homem adulto deve ingerir em média 400 mg de magnésio por dia, já para mulheres o valor muda para 310 mg, caso for gestante e em período de lactação devem aumentar a dose para 360 mg de ingestão de magnésio, em geral pessoas idosas também necessitam ingerir magnésio em maior quantidade – a recomendação é de cerca de 420 mg para homens e 320 para mulheres. (VIEIRA, 2022)

Então todas as amostras analisadas se encontram bem abaixo das recomendações em todos os casos, levando-se em conta esses resultados, todas as cervejas em questão, ao serem ingeridas, não representam um risco toxicológico potencial para os seres humanos. Porém, deve-se beber com moderação, pois oferece risco de embriagues devido ao teor alcoólico que apresentam.

6. CONCLUSÃO

Não foi detectada a presença dos metais chumbo e cobre nas análises realizadas por espectrometria de absorção atômica. Para os metais magnésio e ferro, observou-se a presença nas amostras de cervejas analisadas havendo uma variação na concentração encontrada, porém os valores de concentração não ultrapassaram os valores recomendados pela legislação brasileira.

O processo de digestão por incineração provou ser a base para a detecção de metais diluídos em solução, pois ele disponibiliza todo o material para análise. Em geral, as concentrações de metais variaram de acordo com a amostra, e podem aparecer em concentrações maiores ou menores. Neste caso em específico com análise FAAS, o equipamento detecta em mg/L (ppm - parte por milhão) para resultados mais a fundo seria necessário algum equipamento capaz de identificar ppb (Parte por bilhão), porém, para as margens necessárias de acordo com as legislações e recomendações não se faz necessário.

Referente a pesquisa realizada nesse trabalho é válido ressaltar que os padrões utilizados na preparação das curvas de calibração foram essenciais para a construção das curvas de calibração com uma boa linearidade. Também o modo de preparo das amostras por meio da digestão por incineração foi importante para quantificar e detectar os metais presentes que podem ficar ocultos nas amostras das bebidas. De modo geral pode-se concluir que os materiais utilizados na produção de cerveja, até mesmo o processo de preparo e/ou tratamento da água utilizada influenciam na quantidade de metais presentes na bebida final bem como assim em seus padrões de turbidez, sabores e odores, podendo alterar a qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Comissão Nacional de Normas e Padrões para alimentos. Resolução nº 15, de julho de 1977. Estabelece o padrão de identidade e qualidade para frutas cristalizadas e glaciadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jul. 1977. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 20 de set. de 2022

AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. P.91-143

AMBEV - A Companhia de Bebidas das Américas. **Cervejas**. Disponível em: http://www.ambev.com.br/Sociedade_.aspx. Acesso em: 15 de set. de 2022.

ANVISA. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária** – Órgão do Governo. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br>. Acesso em: 20 set. de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5891**. Regras de arredondamento na numeração decimal. ed. 2, p. 1. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Portaria nº 16, de 13 de março de 1990. Dispõe sobre os limites de tolerância de chumbo (Pb) em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 mar. 1990. Seção 1, p.5436.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.793, de 11 de agosto de 2009. Institui a Comissão Interinstitucional para Implementação, Acompanhamento e Monitoramento das Ações de Fortificação de Farinhas de Trigo, de Milho e de seus Subprodutos. **Diário Oficial da União**, 12 de ago. de 2009. Seção 1.

CAMILOTTI, F. *et al.* **Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça**. Revista engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 284-293, Abril 2007.

CAPITANI, E. M. Metabolismo do chumbo em crianças e adultos. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, Ribeirão Preto, v. 42, n. 3, p. 1-9, 2009.

DUFFUS, J. H. **Heavy metals - A meaningless term?** Pure and Applied Chemistry, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2.^a edição. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 1986. p. 385.

FRANCIELLI, J. M. *et al.* **A PRODUÇÃO DA CERVEJA NO BRASIL**, Revista CITINO, ISSN 2238-2461 Hestia (Associação Nacional de Pesquisa e Tecnologia). Disponível em <http://www.hestia.org.br/wp-content/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2022.

GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, 32(2), p. 08-17, 2010.

HAWKES, S. J. **What is a heavy metal?** Journal of Chemical Education, v. 74, n. 11, p. 1374, 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>. Acesso em: 05 de set. de 2022.

KECK, G. Contaminants et résidus chimiques dans les aliments d'origine animale. **Revue Française des Laboratoires**, ed. 348, p. 21-27, dez 2002.

MATTOS, Karen Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALES, Wattson José Saenz. **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente**. ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, M. D. de; SEREIA, M. J.; PLATA OVIEDO, M. S. V. **Elaboração de cerveja artesanal a partir da substituição parcial do malte por mel**. [s.l: s.n.], 2011. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07269a&AN=utfpr.251564&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 31 out. 2022.

OLIVEIRA, R. S. de. *et al.* **Determinação de chumbo e cádmio em açúcar comercializado na cidade de Recife**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Recife, v. 2, n. 1, p. 556-560, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS/WHO). **Ingestão de açúcares por adultos e crianças**, 2015. Disponível em: https://www.paho.org/bra/images/stories/GCC/ingestao%20de%20acucares%20por%20adultos%20e%20criancas_portugues.pdf?ua=1. Acesso em: 10 de jun. de 2019.

PRADO, S. D. P. T. *et al.* **Ocorrência de partículas magnéticas em açúcar produzido e comercializado no Estado de São Paulo/Brasil**. Instituto Adolfo Lutz, Campinas, setembro 2014. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/rial73_3_completa/artigos-separados/1617.pdf. Acesso em: 23 set out. de 2022.

REIS JUNIOR, Josafá José do Carmo; SILVA, Carlos Alberto. **Determinação de Mercúrio, Chumbo, Cádmio e Arsênio em Peixes Marinhos Comercializados em Aracaju: Implicações e Risco à Saúde Humana**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110447/1/148.pdf>. Acesso em: 17 abr. de 2022.

RIBEIRO, Adriane Mara. **Análise sistêmica da gestão de resíduos na indústria cervejeira**: estudo de caso. 2003. iv, 78 f.: Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curso Superior de Tecnologia, em Química Ambiental, Curitiba, 2003. (BIBLIOTECA DE CURITIBA EMPRESTIMOS DE CAMPUS)

RODRIGUES, A. C. D.; Santos, A. M.; Santos, F. S.; Pereira, A. C. C.; Sobrinho, N. M. B. A. **Mecanismos de Respostas das Plantas à Poluição por Metais Pesados**: Possibilidade de Uso de Macrófitas para Remediação de Ambientes Aquáticos Contaminados. Rev. Virtual Quim., 2016, 8 (1), 262-276. Data de publicação na Web: 7 de janeiro de 2016. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwilopfs7bf7AhXNrJUCHWUrDH4QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Frvq-sub.sbq.org.br%2Findex.php%2Frvq%2Farticle%2Fdownload%2F1488%2F726%2F7789&usg=AOvVaw2N4XpMF_IdSacuTEX7HI0y. Acesso em: 05 de nov. de 2022.

SINDICERV – Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja, **História e produção da cerveja**. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros>. Acesso em: 15 de out. de 2022.

USDA. **U.S. Department of Agriculture** - Agricultural Research Service. Disponível em <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174682/nutrients>. Acesso em: 14 dia set. de 2022.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**. [s.l.]: FUNEP, 2000. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07269a&AN=utfpr.209208&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 05 nov. 2019.

VIEIRA SUZANA, Dra. Endocrinologista pela Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, Doutora em Ciências pela USP. Disponível em: <https://drasuzanavieira.med.br/2021/02/20/magnesio-recomendacoes-diarias-fontes-alimentares-osteoporose/>. Acesso em: 10 de nov. de 2022.