



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

Determinação de minerais essenciais e tóxicos em produtos alimentícios para lactentes (purés industrializados)



Autora:

Maira Raimundo Bernardo

Maputo, Junho de 2025



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

Determinação de minerais essenciais e tóxicos em produtos alimentícios para lactentes (purés industrializados)

Autora:

Maira Raimundo Bernardo

Supervisor:

Prof. Doutor Jaime Silvestre Mandlate

Co-supervisores:

Mestre Hercílio Eduardo Zimila

Mestre Silvestre Lucas Muiambo

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar, ao meu filho Milan Madonaldo Macave que foi o motivo da escolha deste tema, aos meus progenitores (Raimundo da Costa Bernardo e Aulina Pedro Nhambavale), ao meu querido esposo (Madonaldo José Macave) e a todas as mães comprometidas com o bem-estar dos seus bebês.

AGRADECIMENTOS

Graças sejam dadas ao Senhor Todo-Poderoso, pela vida, capacitação e força todos os dias.

À Universidade Eduardo Mondlane, desde ao corpo docente, administrativo e a todos os colegas que foram de crucial importância durante estes longos anos de formação.

Ao meu Supervisor e Co-supervisores, Prof. Doutor Jaime Silvestre Mandlate, Mestre Hercílio Zimila e Mestre Silvestre Muiambo endereço o meu profundo obrigado pela incansável mão e supervisão para a concepção e desenvolvimento deste estudo.

À Mestre Amélia Furvela e ao Mestre Armando Parruque, agradeço pelo apoio, pois directa ou indirectamente tiveram um papel importante durante a minha formação.

À minha mãe (em memória), pela confiança que sempre depositou em mim e pelo seu sacrifício para que este objectivo fosse alcançado.

Ao meu pai, que mesmo no meio de dificuldades serviu de grande suporte para mim e que, desde pequena, teve um papel crucial na minha vida académica.

Ao meu esposo, pela insistência e apoio para o encerramento deste ciclo.

Aos amigos e colegas, Lic. Domingos Macaringue Júnior, Lic. Jéssica Patrícia, Lic. Lucília Panguene, Diana da Linda Cossa, Marlene Júlio, Artilénia Monteiro, Célia Mutemba, Mestre Lucas Tamele Júnior, Mestre Jéssica Alface, Lic. Fernando Santos Oelega e Lic. Cristóvão Tepa pelos momentos marcantes, desafiantes, felizes, pela troca de conhecimentos e experiências partilhadas, o meu obrigado.

Os agradecimentos estendem-se ao Sr. Ramiro e Eng. João Macuácua, que mesmo sem saber, alegravam os nossos dias, com palavras de incentivo e coragem, todas as manhãs.

A todos que de forma directa ou indirecta contribuíram para a minha formação, o meu muito **Obrigado.**

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Maira Raimundo Bernardo, declaro por minha honra que este trabalho nunca foi apresentado em qualquer instituição de ensino para a obtenção de um grau académico e que foi resultado de uma pesquisa, estando indicadas no texto as fontes bibliográficas e os procedimentos experimentais usados.

Maputo, _____ de _____ de 2025

A autora

(Maira Raimundo Bernardo)

RESUMO

A exposição excessiva a contaminantes inorgânicos, como os metais pesados, por ingestão de alimentos, pode causar problemas de saúde como cancro e outros efeitos adversos não cancerígenos, particularmente nos bebés. Neste trabalho foi feita a determinação de minerais essenciais e metais tóxicos em purés de fruta para bebés de 4 a 8 meses, comercializados na cidade de Maputo. Para o efeito, realizou-se duas amostragens de purés de frutas em dois supermercados, Mahotas Mini-Market e Shoprite de Magoanine. Foi feita uma entrevista aos consumidores dos supermercados, da qual determinou-se as preferências dos mesmos em duas marcas, denominadas por A (versão orgânica) e B (versão comum – proveniente de frutas cultivadas com o uso de agrotóxicos e outros produtos químicos sintéticos). As amostras foram designadas por Amp (marca A – sabor mistura de maçã), Ab (marca A- sabor banana), Bm (marca B – sabor maçã), Bbm (marca B – mistura banana e maçã). Foram determinados os metais Al, As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn por espectrometria de emissão óptica indutivamente acoplado com plasma (ICP - OES). Antes das análises, realizou-se a validação do procedimento analítico através dos parâmetros: recuperação analítica, repetibilidade, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), linearidade e erro percentual relativo (RSD). Os resultados da validação mostram que o método de análise é adequado para a determinação de metais em amostras de purés, pois possui uma boa linearidade ($r^2 > 0,9$), recuperação analítica acima de 80% para concentrações de 8 µg/mL, RSD entre 0,115 – 4,769 % (com a exceção do Al), apresentando valores de LOD e LOQ variando entre 0,004 – 0,613 mg/kg e 0,014 – 2,043 mg/kg, respectivamente. As concentrações dos microminerais Fe e Zn estão abaixo dos valores máximos admissíveis pela Legislação Europeia, *Codex Alimentarius* e *Food and Nutrition Board* (FNB), com a exceção dos teores de Cr, que foram elevados para as amostras Ab, Amp e Bbm. Quanto aos macrominerais, a amostra Ab apresentou teores de K e Mg, 2675 ± 386 e 164 ± 5 mg/kg, respectivamente. Por outro lado, os metais não essenciais Al, As e Pb apresentaram concentrações acima dos valores estabelecidos ($Al > 1,00$ mg/kg; $As > 0,200$ mg/kg; $Pb > 0,050$ mg/kg) para as marcas A e B, mostrando haver risco iminente ao público consumidor dos purés de fruta. A avaliação do risco à saúde mostrou que as doses diárias estimadas (EDI) para Cr e Pb estão acima do recomendado e apresentaram valores de HQ e HI > 1 , o que mostra a existência de risco para os lactentes.

Palavras-chaves: Purés de frutas; Lactentes; Metais pesados; ICP-OES; Toxicidade.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Geral.....	2
1.1.2. Específicos	2
1.2. Perguntas de pesquisa	2
1.3. Justificativa do tema	2
1.4. Metodologia do trabalho	3
1.4.1. Pesquisa bibliográfica	3
1.4.2. Parte experimental	4
1.4.3. Análise e interpretação dos resultados.....	4
1.4.4. Elaboração do relatório final	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Lactentes e alimentação complementar	5
2.2.1. Minerais. Classificação, funções e fontes.....	6
2.2.1.1. Contaminantes inorgânicos	7
2.2. Purés de fruta.....	9
2.3. Métodos analíticos para a determinação de minerais em purés	11

2.3.1. Técnicas de determinação de metais (minerais) em purés	11
2.3.2. Validação do método analítico.....	14
2.3.2.1. Selectividade	14
2.3.2.2. Curva analítica, linearidade e sensibilidade	15
2.3.2.3. Limites de detecção e de quantificação.....	15
2.3.2.4. Precisão	15
2.3.2.5. Exactidão.....	16
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	18
3.1. Inquérito.....	18
3.2. Amostragem	20
3.3. Materiais e Equipamentos.....	21
3.4. Reagentes	21
3.5. Procedimentos	21
3.6. Validação do método	22
3.7. Avaliação do risco para a saúde	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Validação do método analítico	25
4.1.1. Curva analítica e Linearidade	25
4.2. Limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ)	26
4.3. Precisão	27
4.4. Exactidão.....	27
4.5. Limites residuais permitidos e concentrações dos minerais nas amostras.....	28
4.5.1. Comparação das concentrações obtidas com as normas vigentes.....	28

a) Macrominerais	30
b) Microminerais.....	31
c) Metais não essenciais.....	34
4.5.2. Ingestão diária recomendada e avaliação do risco tóxico	36
5. CONCLUSÕES	40
6. RECOMENDAÇÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	A

ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

AAP – *American Academy of Pediatrics* “Academia Americana de Pediatria”

AC – Alimentação Complementar

ADN – Ácido desoxirribonucleico

AE – Aleitamento exclusivo

AM – Aleitamento materno

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* “Associação de Químicos Analíticos Oficiais”

CI – Código do inquerido

CXS – *Codex Standards* “Normas do Codex Alimentarius”

DKS – “Documents of Knowledge and Safety” Documentos de Conhecimento e Segurança”

EDI – *Estimated daily intake* “Estimativa do consumo diário”

EFSA – *European Food Safety Authority* “Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos”

EU – *European Union* “União Europeia”

FAAS – *Flame atomic absorption spectrometry* “Espectrometria de absorção atómica com chama”

FAO – *Food And Agriculture Organization* “Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação”

FES – *Flame emission spectroscopy* “Espectrometria de emissão em chama”

FNB – *Food and Nutrition Board* “Conselho de Alimentação e Nutrição”

GFAAS – *Grafite furnace atomic absorption spectrometry* “Espectrometria de absorção atómica em forno de grafite”

HBBF – *Healthy Babies Bright Futures* “Bebés saudáveis futuros brilhantes”

HI – *Hazard index* “Índice de risco”

HQ – *Hazard quotient* “Quociente de risco”

IAC – Introdução alimentar complementar

IARC – *International Agency for Research on Cancer* “Agência Internacional de Pesquisa em Câncer”

ICP-OES – *Inductively coupled plasma optical emission spectrometry* “Espectrometria de emissão óptica com plasma **indutivamente** acoplado”

ICP-MS – *Inductively coupled plasma mass spectrometry* “Espectrometria de massa com plasma **indutivamente** acoplado”

ICS – *International Classification for Standards* “Classificação Internacional de Normas”

JECFA – *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* “Comité Misto de Especialistas em Aditivos Alimentares da FAO/OMS”

IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry* “União Internacional de Química Pura e Aplicada”

LOD – Limite de detecção

LOQ – Limite de quantificação

MFA – Marca de fácil acesso

MRC – Materiais de referência certificados

OMS – Organização Mundial da Saúde

QI – Quociente de inteligência

RDI – *Recommended dietary intake* “Dose diária recomendada”

RfD – *Reference dose* “Dose de referência”

TDI – *Tolerable Daily Intake* “Ingestão diária tolerável”

UNICEF - *United Nations International Children's Emergency Fund* “Fundo das Nações Unidas para a Infância”

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Classificação dos micronutrientes	6
Figura 2. Alimentos fontes de minerais	6
Figura 3. Exemplo de actividades que contribuem para a contaminação por metais pesados	8
Figura 4. Puré de pera-maçã.....	9
Figura 5. Diferentes purés de fruta.	9
Figura 6. Etapas de produção de purés de fruta.....	10
Figura 7. Parâmetros envolvidos na avaliação durante o processo de validação de métodos analíticos.....	14
Figura 8. Fluxograma da parte experimental do trabalho	18
Figura 9. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas de purés de fruta conhecidas	19
Figura 10. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas de purés de fruta de preferência	19
Figura 11. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas purés de fruta de fácil acesso	20
Figura 12 - Amostras para a análise: (A) Versão orgânica vs (B) Versão comum	20
Figura 13. Média das concentrações dos macrominerais detectados: (A) K e (B) Mg.	30
Figura 14. Média das concentrações dos microminerais detectados. (A) Zn; (B) Cr e (C) Fe	31
Figura 15. Média das concentrações dos microminerais detectados: (A) Co e (B) Mn	33
Figura 16. Média das concentrações de metais não essenciais detectados (Al).....	34
Figura 17. Média das concentrações de metais não essenciais detectados Pb (A) e As (B).....	35
Figura A-1. Curvas de calibração para os elementos Al, As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe e K.....	A
Figura A-2. Curvas de calibração para os elementos Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn.....	B

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Tecnologias de enchimento de purés de frutas.....	11
Tabela 2. Resumo dos principais métodos utilizados para a análise de minerais em formulações para lactentes	13
Tabela 3. Parâmetros aplicados para a validação dos resultados.....	17
Tabela 4. Condições operacionais do ICP-OES utilizado para a quantificação dos minerais	22
Tabela 5. Equações da curva analítica e coeficiente de determinação.....	25
Tabela 6. Limites de detecção e quantificação para o método e equipamento.....	26
Tabela 7. Avaliação da recuperação/exactidão.....	27
Tabela 8. Níveis máximo e mínimo de concentração de minerais e metais pesados para purés de fruta destinados ao público lactente.....	29
Tabela 9. Valores de EDI, RDI e TDI para as amostras de purés analisadas no presente estudo	37
Tabela 10. Valores de quociente e índice de risco para os purés de fruta analisados.....	39
Tabela C-1. Respostas ao inquérito	E
Tabela D-1. Comparação dos resultados do inquérito em termos de frequência percentual	F
Tabela E-1. Concentrações detectadas em amostras da Marca A (Versão orgânica).....	G
Tabela E-2. Concentrações detectadas em amostras da Marca B (Versão comum).....	H

1. INTRODUÇÃO

A alimentação complementar para lactentes tem sido amplamente debatida nas últimas décadas, especificamente a idade mais apropriada para a introdução de alimentos sólidos, alimentos alergénicos, os diferentes sabores e texturas e o uso de alimentos orgânicos (Maslin e Venter, 2017).

A Academia Americana de Nutrição (AAP) recomenda a introdução de alimentos complementares entre os 4 e 6 meses de idade. Nesta fase, o leite materno por si não é suficiente para atender às necessidades nutricionais do bebé, exigindo-se o recurso a fontes extras de nutrientes, como é o caso dos minerais (Roess *et al.*, 2018).

Os minerais estão envolvidos em diversas funções vitais no organismo, tais como, nas reacções enzimáticas e mineralização óssea. Porém certos minerais (como o Fe) apesar dos seus reconhecidos benefícios nutricionais, em excesso no organismo aliado à ingestão acima dos limites toleráveis ou acumulação por períodos prolongados podem constituir um potencial risco de saúde (Grillo *et al.*, 2020).

Enquanto os minerais essenciais são necessários para o bom funcionamento do organismo, os elementos não essenciais como metais pesados (por exemplo o Pb), podem ser prejudiciais, e qualquer exposição é indesejável. Uma vez que esses microelementos (Al, As, Ni, Pb e V) estão presentes na maioria dos suplementos alimentares, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu os seus níveis aceitáveis nos alimentos com vista a proteger a saúde do consumidor (Melo *et al.*, 2008).

Para além dos minerais, os alimentos para lactentes, devem estar isentos de germes patogénicos, toxinas ou produtos químicos prejudiciais), com pequenas quantidades de sal (<370mg de Na/dia), de fácil consumo e boa aceitação pela criança, e administrados em quantidade apropriada (Monte e Giugliani, 2004). Por isso, o presente trabalho tem por objectivo avaliar a qualidade dos purés industrializados e comercializados na cidade de Maputo através da quantificação de minerais essenciais e tóxicos.

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral

- ✓ Avaliar a qualidade mineral dos purés industrializados e comercializados na cidade de Maputo, destinados aos lactentes de 4 a 8 meses.

1.1.2. Específicos

- ✓ Determinar a concentração de microminerais (Ba, Cr, Co, Cu, Fe, Mn e Zn) e macrominerais (K e Mg), bem como dos metais pesados e contaminantes inorgânicos de existência suspeita (Al, As, Ni, Pb e V) em purés de fruta para lactentes;
- ✓ Comparar a concentração de minerais essenciais e não essenciais nos purés de versão química (marca A) e nos purés orgânicos (marca B);
- ✓ Comparar os valores de concentração obtidos com os limites estabelecidos pela União Europeia, *Codex Alimentarius* e pelo *Food and Nutrition Board*.
- ✓ Determinar o risco para a saúde dos lactentes através da dose diária estimada (EDI), do quociente de risco (HQ) e do Índice de Risco não cancerígeno (HI).

1.2. Perguntas de pesquisa

- ✓ Será que as concentrações de minerais essenciais e não essenciais nos purés de frutas comercializados em supermercados da cidade de Maputo estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela União Europeia, *Codex Alimentarius* e pelo *Food and Nutrition Board*?
- ✓ Qual das marcas de puré, sejam purés industrializados (marca A) ou purés orgânicos (marca B), melhor satisfaz as necessidades minerais dos lactentes?
- ✓ Qual é o risco à saúde dos lactentes associado ao consumo de purés de fruta quando avaliado por meio de EDI, HQ e do HI?

1.3. Justificativa do tema

As frutas e os purés constituem o primeiro alimento a ser introduzido durante a alimentação complementar dos lactentes. Estes alimentos visam fornecer nutrientes essenciais como vitaminas, sais minerais e fibras (Inarejos-García *et al.*, 2015). No entanto, é crucial garantir que esses

alimentos sejam seguros e não contenham níveis excessivos de minerais tóxicos. Um estudo conduzido pela organização *Healthy Babies Bright Futures* (HBBF) em 2017, no qual foram analisadas 61 marcas de produtos alimentícios para o consumo infantil, revelou que 95% dos alimentos testados continham metais pesados como As, Cd, Pb e Hg. Outro estudo similar feito pelo subcomité de Política Económica e do Consumidor da Câmara dos Representantes dos EUA (2021), também revelou a presença de metais tóxicos nestes géneros alimentícios (House of Representatives, 2021).

Os efeitos dos metais pesados no organismo do lactente são vários, a destacar o fraco desenvolvimento do cérebro que pode afectar o quociente de inteligência (QI) da criança, cancro, problemas reprodutivos e doenças cardiovasculares (Inarejos-García *et al.*, 2015). O consumo de alimentos suplementares é uma prática comum em várias famílias Moçambicanas porém estudos de avaliação dos níveis de contaminação destes elementos, bem como do teor de micronutrientes são escassos.

Desta forma, o presente estudo visa avaliar a qualidade de duas marcas de purés de preparação industrial destinados aos lactentes e comercializadas na cidade de Maputo. O estudo proposto fornecerá dados importantes que poderão orientar os profissionais de saúde, pais e cuidadores sobre quais os alimentos para lactentes são os mais adequados e seguros em relação aos seus teores minerais. Com base nos resultados do presente estudo, os órgãos reguladores de alimentos de Moçambique poderão ser auxiliados para estabelecerem limites seguros de minerais tóxicos nos produtos alimentícios para lactentes, bem como exigir que os fabricantes realizem testes regulares de qualidade para garantir o cumprimento desses limites. Além disso, os resultados deste estudo poderão ser utilizados pela indústria alimentícia para oferecer produtos mais nutritivos e seguros aos consumidores.

1.4. Metodologia do trabalho

A metodologia aplicada para a realização do presente trabalho consistiu nas seguintes etapas:

1.4.1. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa consistiu em estudos feitos em amostras semelhantes ou próximas à amostra em causa como sumos de fruta, papinhas de fruta, purés de vegetais, purés de frutas e iogurtes destinados ao

público lactentes com vista a identificar os melhores métodos de conservação, manipulação e determinação dos parâmetros pretendidos;

1.4.2. Parte experimental

A parte experimental consistiu em duas fases, a selecção das marcas de purés de fruta, seguida do trabalho laboratorial. A selecção foi feita por meio de um inquérito, para assegurar a representatividade da marca escolhida e o trabalho realizado no laboratório consistiu na preparação das amostras de purés de fruta e determinação quantitativa dos minerais por meio do ICP-OES.

1.4.3. Análise e interpretação dos resultados

Os resultados foram apresentados na forma de tabelas e gráficos, acompanhados de um tratamento estatístico adequado. A validação dos resultados baseou-se na determinação dos parâmetros de validação de métodos analíticos (descritos nas próximas secções) para garantir resultados confiáveis e reprodutíveis.

1.4.4. Elaboração do relatório final

O relatório final englobou a compilação de todos os resultados e conclusões em um documento final, seguindo as normas de elaboração de trabalhos de licenciatura em vigor na Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Lactentes e alimentação complementar

O termo “lactente”, conforme definido pelo *Codex Alimentarius* (1981), é usado para designar um ser humano com menos de 12 meses de idade. A prática do aleitamento exclusivo, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), consiste em fornecer unicamente leite materno ao lactente, sem a introdução de qualquer outro líquido ou alimento sólido, excepto em suplementação com gotas de vitaminas, xaropes, suplementos minerais ou medicamentos. O aleitamento pode ser classificado como “misto” se, além do leite materno, o lactente receber uma fórmula infantil, e como “parcial” se o leite materno for complementado com alimentos sólidos, conforme explicado por Fewtrell *et al.* (2017). Segundo UNICEF (2011) a **alimentação complementar** (AC) é o estágio quando a amamentação exclusiva já não é capaz de suprir as exigências nutricionais do lactente.

Aos 4 meses o lactente ganha maior estabilidade maxilar e do pescoço, o padrão primitivo de sucção começa a modificar-se, sendo que entre os 5 e 8 meses há uma transição de forma progressiva das funções oromotoras com a passagem da sucção para a mastigação (Guerra *et al.*, 2012). A partir dos 6 meses de idade, os alimentos complementares tornam-se essenciais no desenvolvimento do bebé, por garantir o fornecimento adicional de energia, proteínas, vitaminas e sais minerais (Vallinoto *et al.*, 2022).

2.2. Classificação dos nutrientes e suas principais funções

Os nutrientes são agrupados em duas grandes classes: macro e micronutrientes. Os macronutrientes são necessários ao organismo em grandes quantidades (geralmente expressas em gramas) enquanto os micronutrientes são necessários ao organismo em quantidades menores (geralmente expressas em miligramas ou microgramas). Macronutrientes como carboidratos, proteínas e lípidos garantem o fornecimento de moléculas para actividades de natureza metabólica e estrutural do corpo humano, enquanto que os micronutrientes são essenciais para o funcionamento do organismo e para a redução de risco de doenças (Akram *et al.*, 2020). As vitaminas e os minerais são duas classes importantes dos micronutrientes e são ilustrados na Figura 1.

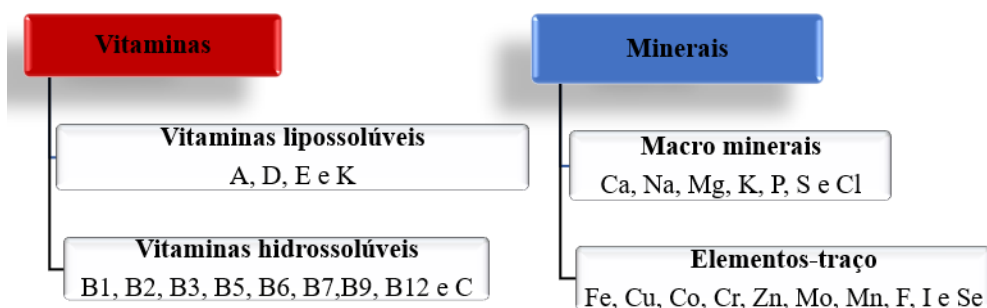


Figura 1. Classificação dos micronutrientes

Fonte: Akram *et al.* (2020)

2.2.1. Minerais. Classificação, funções e fontes

Os minerais são elementos inorgânicos que garantem o bom funcionamento do organismo e não podem ser sintetizados pelo organismo, precisando de uma fonte externa para atender às suas necessidades de minerais. Portanto podem ser encontrados em alimentos de origem animal ou vegetal como: frutas, cereais, carnes, vegetais entre outros (Figura 2). De acordo com a necessidade do corpo, os minerais podem ser classificados como macro ou micro (nível traço) (Akram *et al.*, 2020).



Figura 2. Alimentos fontes de minerais

Fonte: <https://easelabspharma.com.br/fontes-de-vitaminas/>

a) Macrominerais

Os macrominerais, categorizados com base na média de necessidade diária para adultos (>100 mg/dia), representam elementos fundamentais para uma variedade de funções fisiológicas no organismo humano. O potássio (K) por exemplo, emerge como um catião vital no fluido

intercelular, desempenhando um papel crucial juntamente com o sódio (Na) na regulação osmótica e do equilíbrio ácido-base. Fontes alimentares ricas em K incluem frutas frescas, verduras frescas, carne, leite e alimentos processados (Marcos e Cosmo, 2020). Similarmente, o magnésio (Mg) exerce diversas funções, destacando-se a sua participação na regulação dos fluxos através das membranas celulares, actividade enzimática e replicação do ADN, sendo encontrado em legumes, banana, soja, amêndoas e cajú (De Campos, 2012).

b) Microminerais

Os microminerais, com uma necessidade diária inferior a 100 mg/dia, desempenham várias funções essenciais no organismo humano, abrangendo desde o metabolismo energético até à regulação do sistema imunológico e à saúde óssea. Esta categoria de minerais compreende elementos como ferro, cobre, iodo, zinco, cobalto, manganês, selénio, fluor e crómio (Branco, 2020).

O ferro (Fe) e o cobre (Cu), por exemplo, são fundamentais para o funcionamento adequado das enzimas envolvidas na síntese de hemoglobina e na maturação dos leucócitos, respectivamente. Ambos são encontrados em fontes alimentares como fígado e frutos do mar (Branco, 2018; Custódio *et al.*, 2021).

Similarmente, o manganês (Mn) e o zinco (Zn) actuam como cofactores enzimáticos em diversas vias metabólicas e desempenham papéis importantes na saúde imunológica e alguns alimentos como os cereais, leguminosas e castanhas destacam-se como fontes para a obtenção desses microminerais (Akram *et al.*, 2020; Romero-Velarde *et al.*, 2016). O cobalto (Co) é um mineral integrante da vitamina B-12, tem a função de prevenir a anemia por meio de produção de células, regula o sistema nervoso parassimpático e alimentos como nozes, vegetais folhosos, cereais, chocolate, café, peixes e manteiga servem de fontes para a obtenção deste mineral (Akram *et al.*, 2020).

2.2.1.1. Contaminantes inorgânicos

Muitos elementos não têm nenhum efeito funcional no corpo humano e a sua presença em alimentos, mesmo em baixas concentrações pode ser prejudicial à saúde dos consumidores. A maioria destes metais são componentes naturais da crosta terrestre, alcançando os alimentos como resultado de diversas actividades humanas, desde as descargas industriais até actividades agrícolas

(Series, 2009). Na Figura 3 a seguir apresentam-se imagens com exemplo de algumas actividades que podem ser fonte de metais no ambiente.



Figura 3. Exemplo de actividades que contribuem para a contaminação por metais pesados

Fonte: <https://horizonteambiental.com.br/poluicao-do-solo/>

Os metais não essenciais de interesse na área alimentar devido aos seus efeitos toxicológicos são arsénio (As), cádmio (Cd), níquel (Ni), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg).

O As é amplamente distribuído na crosta terrestre em teores baixos em diversas rochas, água e ar. Estima-se que cerca de um terço de fluxo atmosférico de As tenha origem natural. Pode ser encontrado em baixos teores nas formas inorgânica e orgânica nos alimentos principalmente pescado, seguido de carnes, vegetais, frutas e produtos lácteos. O seu consumo regular pode estar associado a problemas de pele, danos nos pulmões e aumento de risco de cancro (Custódio *et. al.*, 2021).

O Ni, por sua vez, encontra-se distribuído na natureza, nomeadamente no solo, água e ar, representando 0,008% da crosta terrestre. A principal via de exposição ao níquel é o consumo de alimentos contaminados por este metal, podendo também entrar no organismo por inalação ou por absorção dérmica, causando danos ao sistema nervoso e respiratório. Alguns dos alimentos em que frequentemente o níquel se encontra presente são: flocos de aveia, cacau, chocolate, chá preto, produtos de soja, legumes, entre outros (Simões, 2018).

O Pb surge como resultado de contaminação ambiental por actividades, como a mineração, sendo que a sua exposição causa danos neurológicos, renais e cardiovasculares. Outra fonte da intoxicação por Pb na dieta é a conservação de alimentos em recipientes contendo chumbo, por exemplo: armazenamento em latas soldadas com chumbo, recipientes de cerâmica com esmaltes e cristal de chumbo (Series, 2009).

2.2. Purés de fruta

Conforme Codex Alimentarius Commission (1981) para doces (conservas de fruta) e geleia **no** código STAN 79-1981, **puré de fruta** refere-se ao ingrediente de fruta finamente dividido por peneiração, triagem ou outros meios mecânicos. Na figura 4 é apresentada uma das variedades de purés à base de fruta.



Figura 4. Puré de pera-maçã

Fonte: <https://www.theuniplanet.com/2016/06/10-receitas-de-pures-de-fruta-para/>

Segundo Silva e Abud (2017) podem ser distinguidos dois tipos de purés de fruta (Figura 5) durante o processamento de frutas e vegetais: simples ou não concentrado e os concentrados. Os purés simples possuem baixa viscosidade e são geralmente destinados à alimentação de bebés. Por outro lado, os concentrados são caracterizados por ter alta viscosidade e são usados também para a produção de sumos de frutas em pequenas embalagens. Os purés de frutas concentrados para uso na fabricação de sumos e néctares de frutas são obtidos pelo processo físico de remoção de água do puré de frutas em quantidade suficiente para aumentar o nível brix para um valor de pelo menos 50% maior que o valor brix estabelecido para sumo reconstituído da mesma fruta (KEBS, 2016).



Figura 5. Diferentes purés de fruta.

Fonte: <https://fruitprocessingmachine.com/fruit-puree-processing/>

O processo de produção de frutas começa com o pré-tratamento e segue com diferentes etapas até a esterilização/pasteurização, conforme é mostrado na Figura 6 (Beyond, 2021).

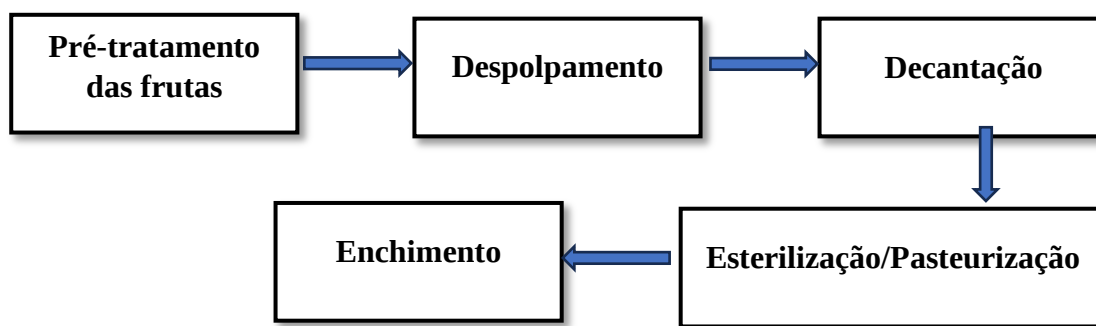


Figura 6. Etapas de produção de purés de fruta
Fonte: Silva e Abud (2017)

a) Pré-tratamento das frutas e Despolpamento

No pré-tratamento, as frutas são lavadas, classificadas, descascadas, branqueadas, e têm as suas sementes removidas. Dependendo das características das frutas, a etapa de pré-tratamento é seguida pela trituração, utilizando desintegrador ou liquidificador industrial, para facilitar o despolpamento (separação da polpa da fruta do material fibroso, das sementes e dos restos da casca, como no caso da banana e do ananás) (Beyond, 2021).

b) Decantação

Em certas linhas de produção pode-se aplicar a decantação ou a separação centrífuga com o objectivo de remover a polpa grossa da fruta e as suspensões para a obtenção do puré de frutas fino (Beyond, 2021).

c) Esterilização/Pasteurização

O puré deve ser pasteurizado de forma a eliminar microrganismos patogénicos e reduzir os deteriorantes a níveis baixos. A combinação ideal do tempo e temperatura durante o processamento térmico é fundamental para preservar as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais da fruta original (Neto *et al.*, 2018). Uma vez que a maior parte das frutas tem natureza ácida, a pasteurização é levada a cabo a temperaturas menores que 100 °C (Beyond, 2021).

d) Enchimento

O armazenamento do puré pode ser feito em sacos assépticos ou em pequenos sacos para consumo directo. Existem pelo menos três principais formas de enchimento dos purés de frutas como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1. Tecnologias de enchimento de purés de frutas

Tipo de Enchimento	Temperatura (°C)	Tempo de vida útil
Asséptico	Ambiente (30)	12 meses
Quente	85	12 meses
Frio	4-6	24 meses

Fonte: Adaptado de Beyond (2021)

2.3. Métodos analíticos para a determinação de minerais em purés

Vários métodos têm sido aplicados para determinação de metais em purés, incluindo a potenciometria com o uso de eléctrodos do ião selectivo, espectroscopia de absorção atómica ou plasma indutivamente acoplado. Em outros casos, a separação de minerais envolve procedimentos como incineração ou extracção ácida (Ward e Carpenter, 2010).

A preparação da amostra é de extrema importância para garantir a exactidão dos resultados. Uma das preocupações durante a análise de minerais é a possibilidade da contaminação da amostra durante o processo de preparação, a qual pode advir da trituração e corte, dos materiais usados. Desta forma, a lavagem e descontaminação dos materiais deve ser cuidadosamente feita com lavagens ácidas e posteriormente enxaguados na água destilada ou bidestilada. Para além dos materiais os contaminantes podem estar presentes, sendo assim necessários reagentes mais puros disponíveis (Ward e Carpenter, 2010).

2.3.1. Técnicas de determinação de metais (minerais) em purés

Diferentes técnicas analíticas podem ser aplicadas para a determinação de minerais em purés ou outros produtos alimentares para lactentes, e na maioria dos estudos são empregadas técnicas que são baseadas em espectrometria atómica de chama (FAAS), espectrometria de absorção atómica de geração de hidreto (HGAAS), espectrometria de absorção atómica em forno de grafite (GFAAS) e espectrometria de emissão em chama (FES) (Foster e Sumar, 1996; Gómez-Nieto *et al.*, 2020; Başaran, 2022; Ozturk *et al.*, 2023). Recentemente, técnicas baseadas em plasma acoplado indutivamente, tais como espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) e espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) vêm sendo publicadas (Capuano *et al.*, 2012). A Tabela 2 apresenta a análise comparativa das principais

técnicas utilizadas para a detecção e quantificação de metais em amostras de formulações para lactentes.

O ICP-OES é uma técnica capaz de realizar análises multielementares muito rápidas e tem baixos limites de detecção (LOD) (~ 1 ppb - 100 ppm) (Pecev-Marinković *et al.*, 2024). Como resultado de sua sensibilidade, o ICP-OES é relativamente mais caro em comparação com técnicas como FAAS e GFAAS e mais barata em comparação ao ICP-MS. Por outro lado, a técnica ICP-OES apresenta certas limitações devido aos efeitos de interferência espectrais e não espectrais (matriz) originados por outros elementos presentes na amostra (Galal *et al.*, 2015; Ghuniem *et al.*, 2020). Na análise por ICP-OES os elementos podem ser analisados a partir de pequenos volumes e permite análise em níveis traço – tanto de metais quanto não-metais (Fairulnizal *et al.*, 2020).

Tabela 2. Resumo dos principais métodos utilizados para a análise de minerais em formulações para lactentes

Amostra	Metais analisados	Técnica	LOD	LOQ	Referência
Fórmulas para lactentes	Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn	FAAS	0,40 – 22,00 µg/L	1,32 – 72,60 µg/mL	Ozturk <i>et al.</i> (2023)
Leite e produtos lácteos	As, Cd, Cu e Pb	GFAAS	0,63 – 6,30 mg/kg	2,10 – 21,00 mg/kg	Gómez-Nieto <i>et al.</i> (2020)
Purés de batata doce, frutas, fórmulas para lactentes	Al, As, Cd, Cr, Pb e Zn	ICP-MS	0,11 – 1,34 µg/g	0,37 – 0,47 µg/g	Garuba <i>et al.</i> (2024)
Fórmulas para bebês pré-termo	Se	HGAAS	0,15 ng/mL	0,52 ng/mL	Foster e Sumar (1996)
Fórmulas para lactentes baseadas em leite	As, Cd e Pb	ICP-MS	0,54 – 8,4 µg/L	1,80 – 21,00 µg/L	Martin (2020)
Fórmula para lactentes (0-6 meses)	As, Cd e Pb	ICP-MS	0,70 – 6,90 µg/L	2,40 – 23,00 µg/L	Alharbi <i>et al.</i> (2023)
Fórmulas para lactentes e cereais para bebês	As, Ca, Cd, Hg, K, Na Mg e Pb	ICP-OES	3,30 – 15,70 µg/L	11,00 – 39,47 µg/L	Pecev-Marinković <i>et al.</i> (2024)
Purés à base de fruta industrializados	Al, As, Cd, Hg, Pb e Sn	ICP-OES	2,46 – 6,39 µg/L	8,20–21,30 µg/L	Fathabad <i>et al.</i> (2018)
Frutas frescas e secas	Cd, Co, Cu, Ni, Pb e Zn	ICP-OES	0,17 –1,50 ng/mL	0,57 – 5,21 ng/mL	Feist e Mikula (2014)
Fórmulas para lactentes	As, Cd, Hg e Pb	ICP-MS	0,01 – 0,08 µg/L	0,03 – 0,26 µg/L	Başaran (2022)
Purés para lactentes	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn	ICP-OES	0.001 - 0.217 mg/kg)	0.003 - 0.724 mg/kg)	Ghuniem <i>et al.</i> (2020)

2.3.2. Validação do método analítico

A validação do método visa garantir que um método analítico produz resultados confiáveis e reprodutíveis e que o mesmo é apropriado para o fim pretendido (Tobaruela, 2016). O processo de validação do método pode ser dividido em duas formas: a avaliação indirecta e directa (Figura 7).

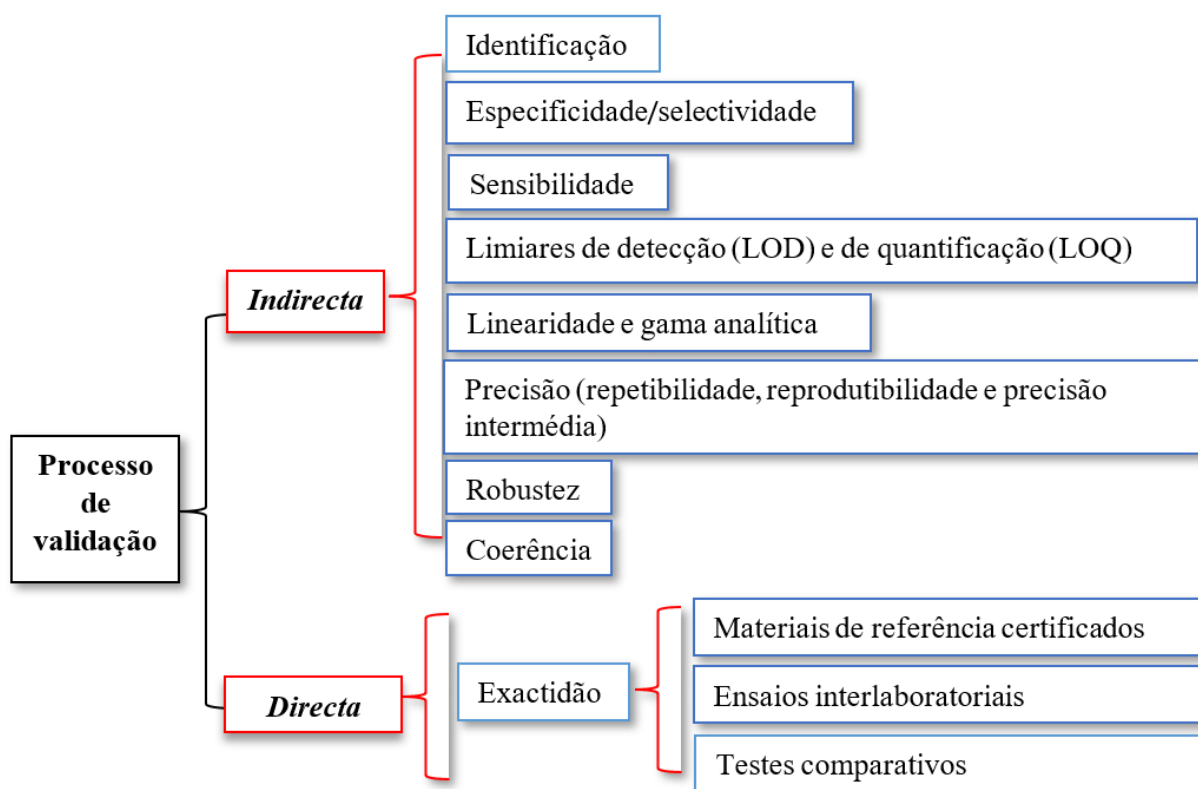


Figura 7. Parâmetros envolvidos na avaliação durante o processo de validação de métodos analíticos
Fonte: Martins (2016)

2.3.2.1. Selectividade

A selectividade é a capacidade de um método quantificar com exactidão o anólito na presença de interferentes na amostra. Esses interferentes podem ser substâncias quimicamente relacionadas com o anólito, entre elas isómeros, metabólitos, substâncias endógenas, produtos de degradação, impurezas e outros (Okada *et al.*, 2007).

2.3.2.2. Curva analítica, linearidade e sensibilidade

Em geral, a curva analítica é traçada usando concentrações crescentes do padrão do anólito incluindo o branco em cinco a sete pontos de calibração e os resultados devem ser avaliados usando-se os métodos estatísticos (regressão linear pelo método dos mínimos quadrados) (Booth e Simon, 2016).

A linearidade pode ser demonstrada pelo coeficiente de correlação da curva de calibração, que não deve ser estatisticamente diferente de 1, observando-se que a inclinação da recta seja diferente de zero (Paschoal *et al.*, 2008; Booth e Simon, 2016).

2.3.2.3. Limites de detecção e de quantificação

Limite de detecção (LOD) é o parâmetro que corresponde à menor quantidade de anólito que pode ser encontrada na amostra e distinguida do branco ou seja, é a mais pequena quantidade de anólito numa amostra que pode ser estatisticamente detectada. Qualquer leitura que seja inferior ao LOD não implica que haja ausência do anólito, mas sim indica que a concentração do composto em causa é inferior ao valor mínimo que o método pode detectar (Martins, 2016).

Limite de quantificação (LOQ) corresponde à menor concentração do anólito que pode ser quantificada com precisão e exactidão satisfatória. Pode ser estimado por meio do sinal/ruído, do desvio-padrão e por processos estatísticos (Carvalho *et al.*, 2021).

O LOD e o LOQ podem ser calculados matematicamente pelas expressões (4) e (5) respectivamente (ver tabela 3).

2.3.2.4. Precisão

É o grau de concordância de resultados de testes independentes obtidos sob condições estabelecidas, tendo como base um dos parâmetros na mesma amostra (réplicas). Um dos factores importantes a considerar na análise da precisão é a repetibilidade. Para o efeito, certos factores como: a utilização do mesmo procedimento, mesmos instrumentos, mesmas condições, mesmo analista, mesmo local e repetições no menor espaço de tempo devem ser considerados (Martins, 2016).

De acordo com Perez (2010), resultados da repetibilidade podem ser medidos pelo coeficiente de variação ou desvio padrão relativo, que deve apresentar valores baixos em termos da dispersão dos resultados. O coeficiente de variação é calculado através das expressões ilustradas na Tabela 3.

2.3.2.5. Exactidão

A exactidão corresponde à proximidade dos resultados obtidos por um método em análise em relação a um valor verdadeiro, aplicando um procedimento experimental para a mesma amostra repetida “n” vezes. Este parâmetro pode ser obtido pelo uso de material de referência (MRC), comparação de métodos ou ensaios de recuperação (Paschoal *et al.*, 2008).

O ensaio ou teste de recuperação, conforme definições das agências reguladoras da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e União Europeia (EU) é realizado mediante adição do anólito em diferentes concentrações nas amostras branco. As análises são realizadas conforme procedimento estabelecido e as respectivas concentrações experimentais são calculadas pela curva analítica (Paschoal *et al.*, 2008).

Na Tabela 3 são apresentadas as fórmulas usadas para o cálculo dos parâmetros de mérito de uma validação de método analítico.

Tabela 3. Parâmetros aplicados para a validação dos resultados

Parâmetro	Fórmula	Legenda
Intervalo de confiança	$\mu = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}} \quad (1)$	μ = Intervalo de confiança $\bar{X}$ = Concentração média s = Desvio-padrão da amostra t = Valor crítico da distribuição t Student n = Número de observações
Desvio padrão	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$	X_i = valores individuais $\bar{X}$ = Concentração média s = Desvio-padrão n = Número de observações
Desvio padrão relativo	$\%RSD = \frac{s}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$	$\bar{X}$ = Concentração média s = Desvio-padrão RSD = Desvio padrão relativo
LOD	$LOD = 3,3 \times \frac{s}{b} \quad (4)$	s = Desvio-padrão do branco b = Coeficiente angular da curva
LOQ	$LOQ = 10 \times \frac{s}{b} \quad (5)$	s = Desvio-padrão do branco b = Coeficiente angular da curva
Recuperação	$\text{Recuperação (\%)} = \frac{C_1}{C_2 + C_3} \times 100\% \quad (6)$	C_1 = Concentração do anólito na amostra fortificada C_2 = Concentração do anólito na amostra não fortificada C_3 = Concentração do anólito adicionado na amostra

3. PARTE EXPERIMENTAL

Neste capítulo descreve-se os materiais, equipamentos, reagentes e procedimentos (Figura 8).

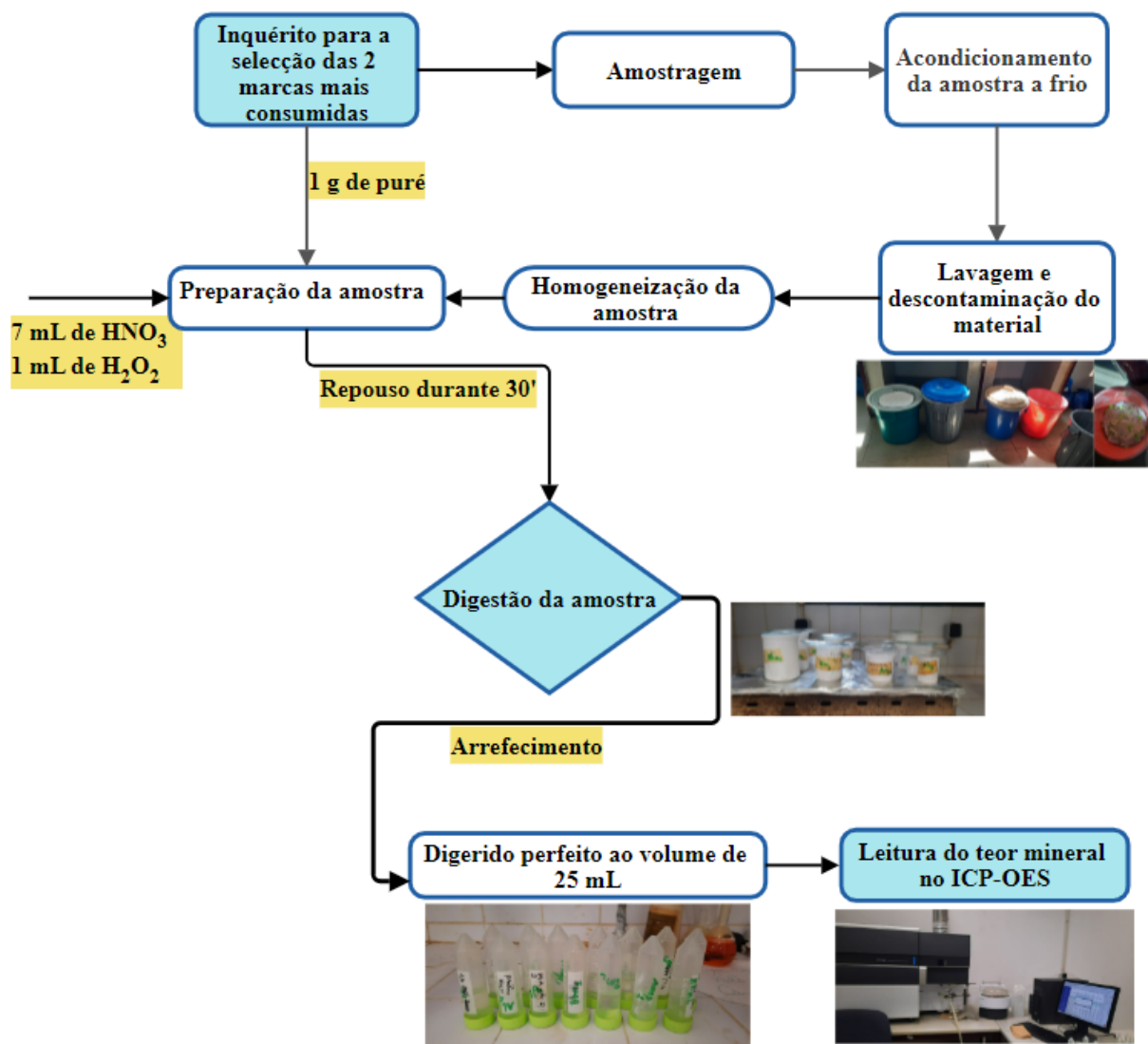


Figura 8. Fluxograma da parte experimental do trabalho

3.1. Inquérito

Os inquéritos foram conduzidos para mães de bebés com a alimentação complementar já iniciada, com vista a avaliar o nível de preferência por purés industrializados e as marcas de eleição para o

consumo de seus bebés. Foram no total 28 mães (dos 25-38 anos de idade) que participaram neste inquérito (vide Tabela C-1, anexo C). Foram contempladas no inquérito 4 marcas mais comuns no mercado moçambicano, nomeadas como A, B, C e D.

Pelo inquérito constatou-se que somente 3% (Figura 9) das mães não tinham conhecimento sobre as marcas pois os purés industrializados não foram uma opção para a alimentação complementar.

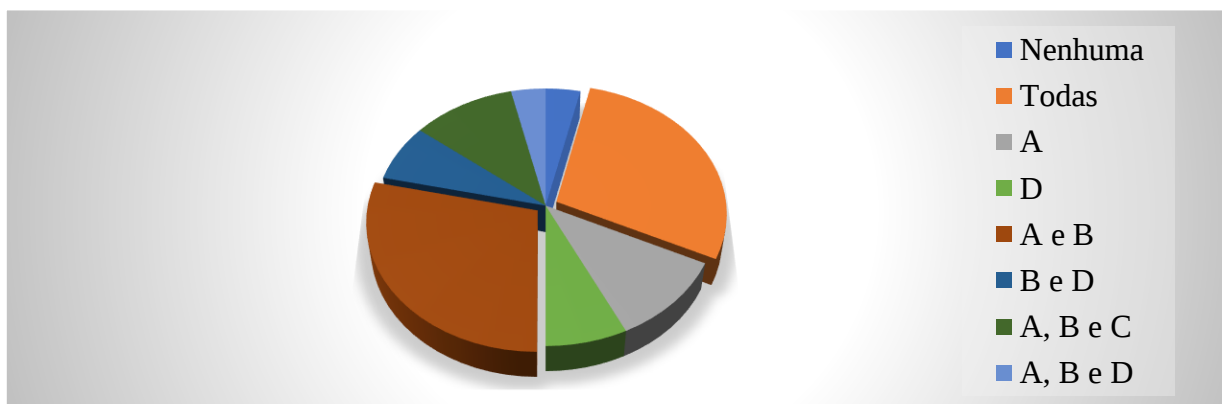


Figura 9. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas de purés de fruta conhecidas

As marcas A e B foram seleccionadas como as duas melhores, sendo a de maior preferência a marca B com 46% e em segundo lugar a marca A com 21%, conforme ilustra a Figura 10.

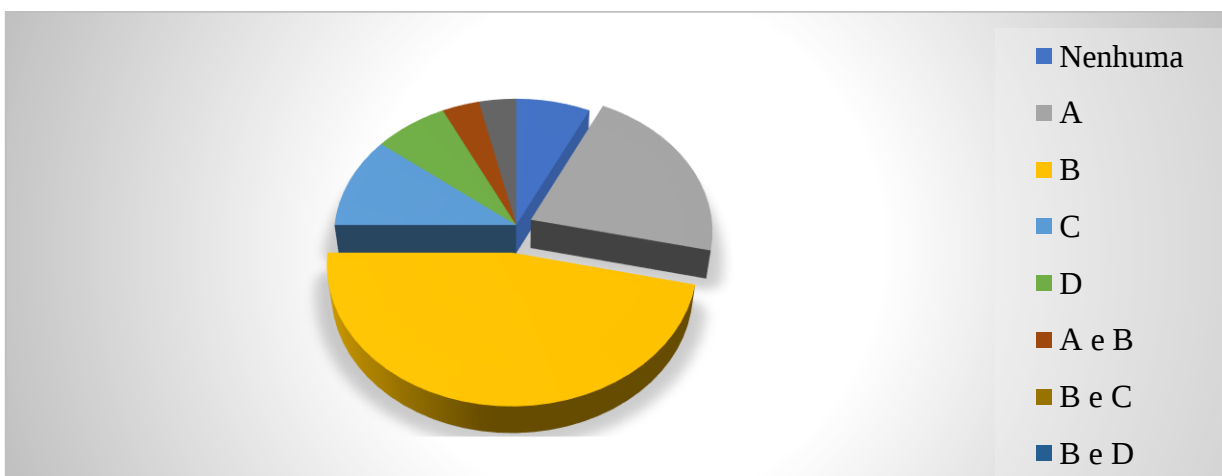


Figura 10. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas de purés de fruta de preferência

Para a avaliação de marcas de fácil acesso mais uma vez as marcas A e B, ganharam vantagem com cerca de 71% (Figura 11) Desta forma, as marcas A e B foram seleccionadas considerando a preferência pelos consumidores e a facilidade de compra (preço acessível e disponibilidade em vários estabelecimentos comerciais). Os resultados detalhados do presente inquérito estão apresentados na Tabela D-1 (vide em anexo D).

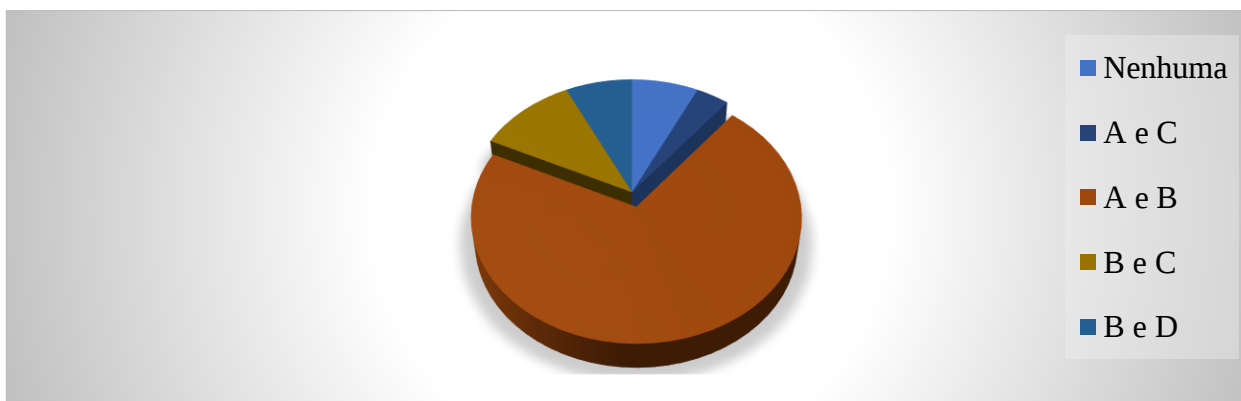


Figura 11. Representação percentual do resultado do inquérito sobre as marcas purés de fruta de fácil acesso

3.2. Amostragem

As amostras escolhidas representam dois (2) sabores de 2 marcas A e B para lactentes de 4 a 8 meses comercializadas no mercado moçambicano (Figura 12). A aquisição das amostras foi realizada em dois supermercados a saber: Mahotas Mini-Market (localizado no bairro das Mahotas) e Shoprite (em Magoanine). Os supermercados foram escolhidos por atender à todas as condições de conservação do produto.



Figura 12 - Amostras para a análise: (A) Versão orgânica vs (B) Versão comum

Após a aquisição, as amostras foram envolvidas em papel alumínio, de forma a evitar a exposição à luz e armazenadas a baixas temperaturas em caixas isotérmicas contendo pedras de gelo.

3.3. Materiais e Equipamentos

Os materiais utilizados durante o ensaio laboratorial foram: bandeja de alumínio, balão de fundo redondo e volumétrico de 250 mL de marca *Normax*, copos de precipitação de 100 mL e 250 mL, espátulas, funil de vidro, luvas *Chem-Gloves*, papel de alumínio *Aluminex*, pipetas volumétricas de 5 e 25 mL, tubos de borossilicato para digestão, bem como tubos centrífugos de 15 e 50 mL.

Para as pesagens da amostra recorreu-se à balança analítica *Shimadzu Corporation* A UW220D com a precisão de $\pm 0,0001$ g. Com o recurso de um destilador preparou-se a água bidestilada para os ensaios laboratoriais e preparação de soluções, bem como para perfazer os volumes das amostras digeridas em uma placa de aquecimento, precisão $103 \pm 10^\circ\text{C}$ para posterior leitura feita por meio de um espectrómetro ICP-OES modelo ASC-9800 da marca *Shimadzu Corporation*, Japão.

3.4. Reagentes

A lavagem dos materiais e posterior descontaminação foi feita em ácidos nítrico (HNO_3) e clorídrico (HCl) a 10% e por fim pela água destilada. O ácido nítrico (HNO_3) 65-70% e ácido clorídrico (HCl) 32% foram fornecidos pela *Glassworld*, Johannesburgo, o peróxido de hidrogénio (H_2O_2) 30%v/v pela *Thermo Fisher Scientific* e o padrão multielementar 100 $\mu\text{g/mL}$ pela *ULTRASPEC*, África do Sul.

3.5. Procedimentos

A cerca de 1 g da amostra de puré de fruta adicionou-se H_2O_2 30% (v/v) e HNO_3 65-70% e deixou-se a mistura em repouso por cerca de 30 minutos. Posteriormente, as misturas foram digeridas a 180°C numa placa de aquecimento por 1 hora. Foram sucessivamente repetidas a adição de H_2O_2 e HNO_3 , até à obtenção de uma solução límpida e isenta de resíduos. As soluções foram arrefecidas, e filtradas usando filtros *PVDF acrodisc* de $0,45 \mu\text{m}$ de diâmetro de poro e os volumes foram perfeitos até 25 mL com água bidestilada. As leituras foram feitas em espectrómetro ICP-OES nas condições apresentadas na Tabela 4. A quantificação foi feita através de curvas de calibração de cada analito usando-se padrões multielementares de: 0, 120, 320, 500, 1000, 2000 e 3000 ppb.

Tabela 4. Condições operacionais do ICP-OES utilizado para a quantificação dos minerais

Parâmetro	Condições de funcionamento
Comprimentos de onda das linhas (nm)	Al (394; 396), As (193; 197), Ba (233; 455), Co (228; 238), Cr (205; 267), Cu (324; 327), Fe (239; 259), K (766; 769), Mg (279; 280), Ni (231; 341), Pb (216; 220), V (292; 311), Zn (202; 213)
Direcção de visualização	Axial
Fluxo de gás plasma	10 L/min
Fluxo de gás auxiliar	0,6 L/min
Força de frequência	1,20 kw
Gás de nebulização	0,70 L/min
Posição	Baixa
Pressão do gás Árgon	397,94 kPa
Purga do gás	Baixa
Tempo de exposição	20 segundos
Temperatura do Espectrofotómetro	33,03°C

3.6. Validação do método

O método proposto (adaptado) foi validado de acordo com as normas *Association of official analytical chemists* (AOAC, 2016) avaliando as seguintes figuras de mérito analítico: linearidade, exactidão (recuperação), precisão (repetibilidade), LOD e LOQ.

A recuperação analítica e repetibilidade foram avaliadas simultaneamente fortificando amostras branco. As amostras foram fortificadas adicionando-se 2, 9 e 18 mL do padrão analítico de 100 µg/mL correspondentes a três zonas de fortificação: baixa, média e a alta, obtendo-se dessa maneira, concentrações de 8 µg/mL, 36 µg/mL e 72 µg/mL. Após a fortificação, as amostras foram digeridas e posteriormente analisadas em triplicado no ICP-OES. A percentagem de recuperação foi calculada através da expressão (7) (vide Tabela 3). A repetibilidade do método foi avaliada a partir da percentagem do desvio padrão relativo (RSD) das amostras fortificadas em cada uma das zonas de fortificação. O RSD foi calculado através da expressão (3) (vide Tabela 3).

Os limites LOD e LQ foram determinados com base no desvio padrão da resposta da análise de 10 réplicas do branco. O valor do LOD é considerado como o sinal analítico médio dos brancos, de cerca de 3 vezes o desvio-padrão do branco, enquanto o LOQ situa - se a 10 vezes em relação ao desvio-padrão dos brancos, de acordo com as expressões 4 e 5, respectivamente (vide Tabela 3).

A linearidade foi avaliada mediante o cálculo do coeficiente de correlação (r^2) da curva de calibração preparada diluindo diversas alíquotas do padrão analítico multielementar de 100 µg/mL para obter concentrações correspondentes a 0, 120, 320, 500, 1000, 2000 e 3000 ppb.

3.7. Avaliação do risco para a saúde

O risco de ingestão de purés contaminados com metais pesados para a saúde humana foi avaliado com base na dose diária estimada (EDI, sigla em inglês), no quociente de risco (HQ, sigla em inglês), e no Índice de Risco (HI, sigla em inglês). A dose diária de ingestão foi calculada para estimar a carga média diária de metais no sistema corporal de um determinado peso corporal de um consumidor. O valor do EDI foi determinado pela expressão (7) proposta por Domínguez e colaboradores (2017).

$$EDI (mg/kg.dia) = \frac{C_{metal} \times RDI \times F_E \times D_E}{m_c \times T_m} \quad (7)$$

onde: C_{metal} (mg kg⁻¹) corresponde à concentração do metal nos purés analisados; RDI (kg/dia) refere-se à taxa de ingestão diária, sendo que neste estudo o valor usado foi de 150 g dia⁻¹; F_E é a frequência de exposição (350 dias/ano), D_E é a duração da exposição, neste estudo são considerados 6 anos (Fathabad *et al.*, 2018); m_c (kg) é o peso corporal dos lactentes, e o peso médio dos lactentes é de 9 kg e T_m é o tempo médio de exposição, que é dado como $AT = 6 \times 365$ para crianças. Posteriormente, os valores da dose diária estimada foram comparados com a correspondente dose diária tolerável (TDI) recomendados pela WHO (2007).

O quociente de risco (HQ) foi determinado para avaliar o risco não cancerígeno para os lactentes da exposição prolongada para cada metal pesado em estudo. Por outro lado, o índice de risco (HI) foi utilizado para avaliar o risco global não cancerígeno para saúde dos lactentes. Segundo Fathabad e colaboradores (2018), o HQ pode ser determinado pela expressão (8), enquanto o HI pode ser determinado como a soma de HQ de cada metal, expressão (9).

$$HQ = \frac{EDI}{RfD} \quad (8)$$

$$HI = \sum HQ = HQ_{Al} + HQ_{Cr} + HQ_{Co} + HQ_{Fe} + HQ_{Mn} + HQ_{Ni} + HQ_{Pb} + HQ_{Zn} \quad (9)$$

onde RfD é a dose de referência que representa uma aproximação da exposição tolerável diária à qual se espera que uma pessoa tenha sem qualquer risco significativo de efeitos nocivos durante uma vida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Validação do método analítico

Para a validação do procedimento analítico de determinação de metais em amostras de purés por ICP-OES recorreu-se às seguintes figuras de mérito analítico: exactidão, precisão, limite de detecção (LOD) e limite de quantificação (LOQ), erro percentual relativo e a recuperação.

4.1.1. Curva analítica e Linearidade

Na Tabela 5 são apresentadas as equações das rectas de calibração e respectivos valores do coeficiente de determinação (r^2).

Tabela 5. Equações da curva analítica e coeficiente de determinação

Elemento	Equações	Coeficientes de determinação
Al	$y = 1,5387x + 329,81$	0,9999
As	$y = 0,0177x + 12,962$	0,9996
Ba	$y = 4,3731x + 83,957$	0,9999
Co	$y = 1,261x + 54,375$	0,9998
Cr	$y = 0,7416x + 25,908$	0,9999
Cu	$y = 7,8606x + 589,3$	0,9999
Fe	$y = 1,448x + 112,78$	0,9999
K	$y = 0,1186x + 460,89$	0,9795
Mg	$y = 97,131x + 1768,6$	0,9833
Mn	$y = 18,797x + 176,03$	0,9999
Ni	$y = 0,0704x + 62,025$	0,9857
Pb	$y = 0,1749 + 28,555$	0,9694
V	$y = 2,3379x + 130,71$	0,9984
Zn	$y = 0,8763x + 13,612$	0,9978

A sensibilidade é representada pelo valor do declive da recta obtida através da regressão linear da curva analítica. O equipamento apresentou uma boa sensibilidade relativamente aos minerais analisados tendo sido mais elevada para o Mg e mais baixa para o As.

Os valores de r^2 variaram de 0,9795 a 0,9999. Segundo Paschoal e colaboradores (2008) valores do coeficiente de determinação iguais ou superiores a 0,9800 são satisfatórios. Esta observação é reforçada por Dias (2018) ao considerar uma linearidade perfeita aquela que apresenta o valor do $r^2 = 1$ e forte ($0,9100 < r^2 < 0,9900$).

Neste trabalho todos os valores de correlação linear das curvas de calibração traçadas para os minerais em análise estiveram de acordo com as recomendações dos autores acima citados mostrando uma correlação forte entre a intensidade dos sinais analíticos e as concentrações dos minerais o que justifica que houve uma boa linearidade.

4.2. Limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ)

Foram calculados os LOD e LOQ para o método e para o equipamento que podem ser observados na Tabela 6. O LOD variou de 0,004 a 0,613 mg/kg e o LOQ de 0,014 a 2,043 mg/kg.

Tabela 6. Limites de detecção e quantificação para o método e equipamento

Elementos	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
Al	0,163	0,544
As	0,103	0,343
Ba	0,004	0,014
Co	0,056	0,186
Cr	0,036	0,121
Cu	0,033	0,109
Fe	0,019	0,064
K	0,613	2,043
Mg	0,105	0,351
Mn	0,005	0,016
Ni	0,510	1,70
Pb	0,144	0,479
V	0,044	0,146
Zn	0,051	0,170

4.3. Precisão

Os valores de %RSD no presente estudo variaram de 0,115 a 4,77% para os elementos K, Mg, Ba, Cr, Co, Fe, Mn, Zn, Pb e As.

Na avaliação da precisão, o valor máximo aceitável deve ser definido de acordo com a metodologia empregada, concentração do anólito, o tipo de matriz e finalidade do método, porém valores inferiores a 5% são considerados satisfatórios (Perez, 2010).

Em um estudo similar de validação do método analítico para a quantificação do Al em purés, Paiva e colaboradores (2020) reportaram valores %RSD na faixa de 8-10% que *considerou satisfazer* as condições recomendadas, *por prever* um valor máximo de 25%. Os valores do RSD em diferentes réplicas determinados neste trabalho para o Al, não excederam na sua totalidade o valor proposto pois encontram-se numa faixa de 10,43 – 16,9%.

4.4. Exactidão

As amostras foram fortificadas adicionando-se 2, 9 e 18 mL de padrão analítico de 100 µg/ mL correspondentes a três zonas de fortificação: baixa, uma média e alta, obtendo-se dessa maneira, concentrações de 8 µg/mL; 36 µg/mL e 72 µg/mL. A recuperação variou de 84,4 - 110% conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7. Avaliação da recuperação/exactidão

Elementos	Recuperação obtida (%)	Intervalo de Recuperação aceitável (%)
Al, Ba, As, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg,		
Mn, Ni, V, Pb, V e Zn	84,4 - 110	80 – 110

A partir da Tabela 7, *pode-se* verificar que os intervalos de recuperação encontram-se dentro do intervalo aceitável para aos elementos Al, Ba, As, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, V, Pb, V e Zn. Valores próximos aos do presente estudo foram obtidos por Paiva e colaboradores (2020) em amostras de purés de frutas onde os *valores de recuperação* variaram entre 87 % à 97 %, estando dentro das diretrizes da AOAC que estabelecem um intervalo de 80 a 110 %, para as concentrações estudadas na ordem dos 10 ppm (mg/kg) (AOAC, 2016).

4.5. Limites residuais permitidos e concentrações dos minerais nas amostras

4.5.1. Comparação das concentrações obtidas com as normas vigentes

A legislação alimentar tem sido um dos temas mais discutidos com o intuito de estabelecer limites de segurança de elementos tóxicos em fórmulas infantis e produtos lácteos. A maioria dos padrões estabelecidos pelo Codex Alimentarius datam da década de 1980, período em que a lei das formulações infantis foi estabelecida nos Estados Unidos (Poitevin, 2016).

Os padrões existentes são na sua maioria ou apenas parcialmente validados para formulações infantis e geralmente não são adequados para a maioria das variedades actuais disponíveis no mercado (Poitevin, 2016).

Na Tabela 8 são apresentados os valores limites para os macrominerais e microminerais estabelecidos por diferentes órgãos reguladores.

Tabela 8. Níveis máximo e mínimo de concentração de minerais e metais pesados para purés de fruta destinados ao público lactente

Categoria do Elemento	Símbolo	Status de Essencialidade para Lactentes segundo OMS	Intervalo de concentração admissível (mg/kg)		
			<i>EU Legislation</i>	<i>Codex Alimentarius</i>	<i>Food and Nutrition Board (FNB)</i>
Macrominerais	K	Essencial	375-974	500 ¹ -SE	400-700
	Mg	Essencial	30-106	35 ¹ -SE	30-75
Microminerais	Ba	PT	-	-	-
	Cu	Essencial	0,210-0,738	-	0,200-0,220
	Cr	Essencial	-	-	0,015-0,020
	Co	Essencial	-	-	SE
	Fe	Essencial	3,50-14,75	6,25 ¹ -14,75	0,270-11
	Mn	Essencial/PT	0,006 -0,738		0,003 -0,600
	Zn	Essencial	3,00-10,62	3,00 ¹ -SE	2,00-3,00
	Li	PE	-	-	SE
Contaminantes inorgânicos	Al	T/PE		1	SE
	Ni	PE	-	-	SE
	Pb	T/PE		0,002 ^{3a} /0,050 ^{3b}	SE
	V	PE	SE	-	SE
	As	T/PE	-	SE ² – 0,200	SE

¹CXS ([Codex Standard](#)): 156-1987 (Revisto em 2017); ²DKS ([Documents of Knowledge and Safety](#)) 2640:2016 ICS ([International Classification for Standards](#)) 67.160; ³CXS: 193-1995; ^aEm fórmulas infantis; ^bEm sumos de frutas; SE – Sem especificação; PT – Potencialmente tóxico; PE – Potencial Essencial; T – Tóxico

a) Macrominerais

- **Potássio (K) e Magnésio (Mg)**

Observando os gráficos da Figura 13 nota-se que algumas amostras na sua maioria apresentaram concentrações de macronutrientes acima dos limites máximos permitidos pelos organismos reguladores (EU, Codex Alimentarius e FNB), descritos a seguir.

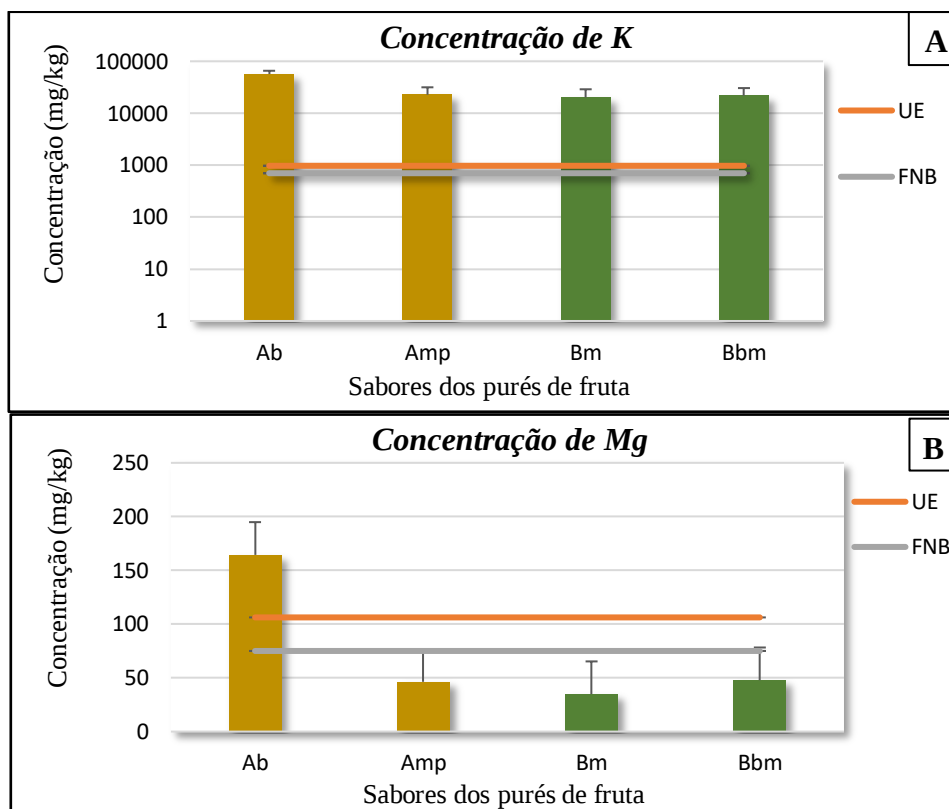


Figura 13. Média das concentrações dos macrominerais detectados: (A) K e (B) Mg.

Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de K acima dos limites recomendados FNB e EU (700 e 974 mg/kg, respectivamente). Apesar dos reconhecidos benefícios do K no organismo humano, níveis excessivos deste nutriente têm sido relacionados com a maior parte dos casos de doenças como hipercalemia, paralisia e distúrbios cardíacos.

Ainda na Figura 13, se pode observar que apenas a amostra Ab apresentou concentração de Mg, 164 ± 5 mg/kg, acima dos limites das legislações da EU e FNB (75 e 106 mg/kg). Contudo, a concentração de Mg na amostra Bm ($34,8 \pm 1,7$ mg/kg) apresentou a concentração média e o limite

inferior do intervalo de confiança (33,1 mg/kg) abaixo do limite mínimo recomendado pelo *Codex Alimentarius* concentração (35 mg/kg). No entanto, é importante destacar que, de acordo com a EU e a FNB, a amostra ainda está dentro do intervalo aceitável. Alguns problemas de saúde pública ligados ao excesso de Mg no organismo são conhecidos, dentre os quais se pode destacar: hipotensão e insuficiência respiratória (Akram *et al.*, 2020).

b) Microminerais

• Zinco (Zn), crómio (Cr) e ferro (Fe)

A partir da Figura 14 [pode-se](#) observar que em todas as amostras a concentração do Zn esteve abaixo dos limites máximos fixados pela EU e pelo *Codex Alimentarius*.

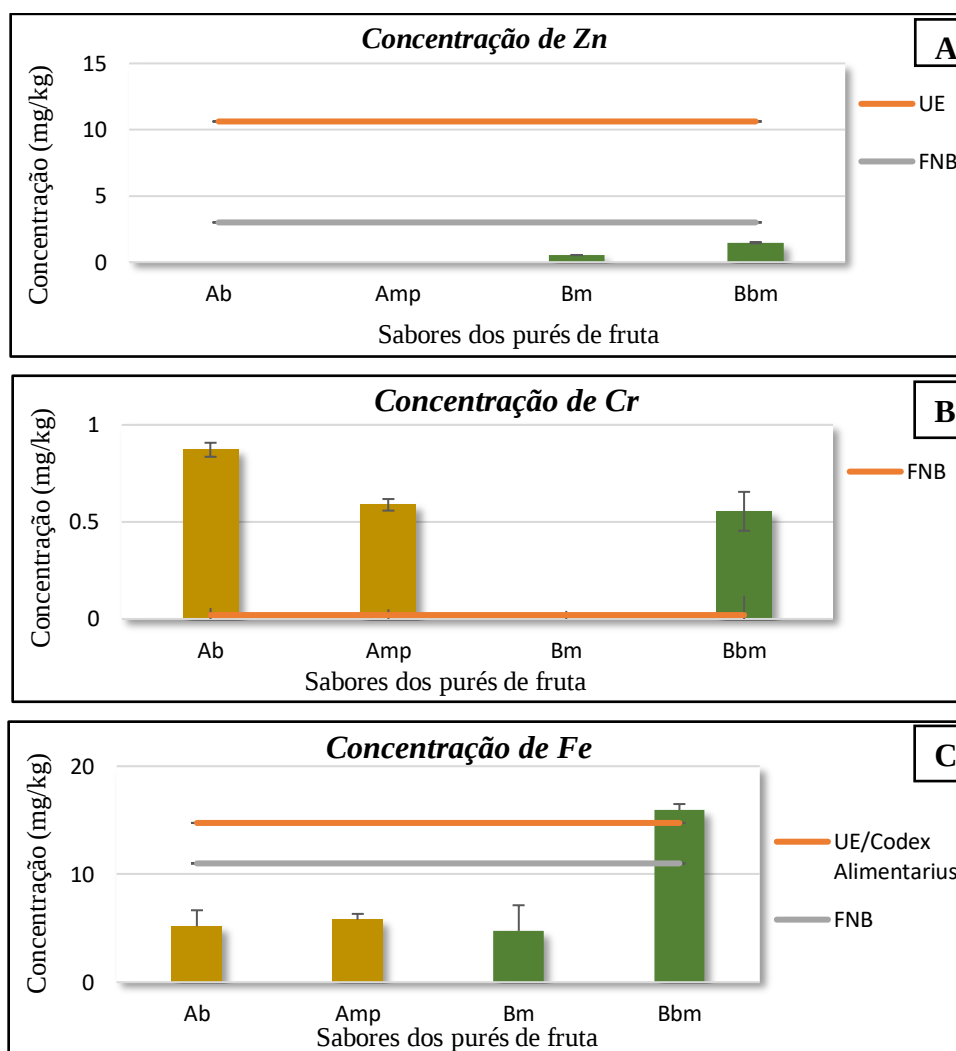


Figura 14. Média das concentrações dos microminerais detectados. (A) Zn; (B) Cr e (C) Fe

As funções vitais do Zn no organismo humano são conhecidas e a sua deficiência tem sido relacionada com as dificuldades de crescimento, falta de apetite, diminuição da capacidade de cicatrização e maior vulnerabilidade do organismo a diversos tipos de infecções (Guerra *et al.*, 2012).

O Cr foi detectado em três amostras, onde as amostras Amp e Bbm estiveram com concentrações 37 vezes acima do limite fixado pela FNB e a amostra Ab esteve com $0,872 \pm 0,050$ mg/kg (44 vezes também acima do limite máximo do FNB). Actualmente, este elemento foi classificado pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) como cancerígeno, em seres humanos, cuja acção tem sido relacionada com os casos do cancro do pulmão, assim como a neoplasias das regiões nasal/sino nasal e reacções de hipersensibilidade cutâneas (Bulegon *et al.*, 2019).

O Fe também foi quantificado nas amostras de purés Ab, Amp e Bm e a sua concentração esteve abaixo dos limites máximos permitidos pela *Codex Alimentarius* e FNB de 14,8 e 11 mg/kg, respectivamente (vide tabela E-2). Contudo, a concentração de Fe na amostra Bbm encontra-se acima dos limites máximos permitidos pela EU, *Codex Alimentarius* e FNB. O excesso de Fe pode ser explicado pela fortificação das fórmulas para lactentes exigida pela OMS, uma vez que de acordo com Almeida e colaboradores (2022), a biodisponibilidade do Fe em fórmulas para lactentes é relativamente menor que a disponibilidade de Fe no leite humano. Contudo, segundo Rosa e colaboradores (2017) a fortificação das fórmulas com Fe deve ser criteriosa, pois, quando em excesso, o Fe pode saturar a lactoferrina, diminuindo o efeito bacteriostático natural dessa proteína e permitindo a proliferação de patógenos oportunistas, o que pode resultar em danos ao epitélio intestinal e sangramento microscópico em quantidades suficientes para causar anemia ferropriva.

- **Cobre (Cu), Cobalto (Co) e manganês (Mn)**

Conforme a Tabela E-2 (vide em anexo E), o Cu apresentou concentrações abaixo do LOQ (0,109 mg/kg) para amostras da marca B e assim pode-se concluir que estas amostras de puré respeitam os limites estabelecidos pela EU (0,200 – 0,738 mg/kg). O Co foi quantificado em todas as amostras de purés analisados com as concentrações a crescer na ordem das amostras Bm, Bbm, Amp e Ab, conforme mostra a Figura 15. Os benefícios e prejuízos ligados à presença deste mineral no organismo assim como os limites de tolerância não foram encontrados nas bibliografias consultadas.

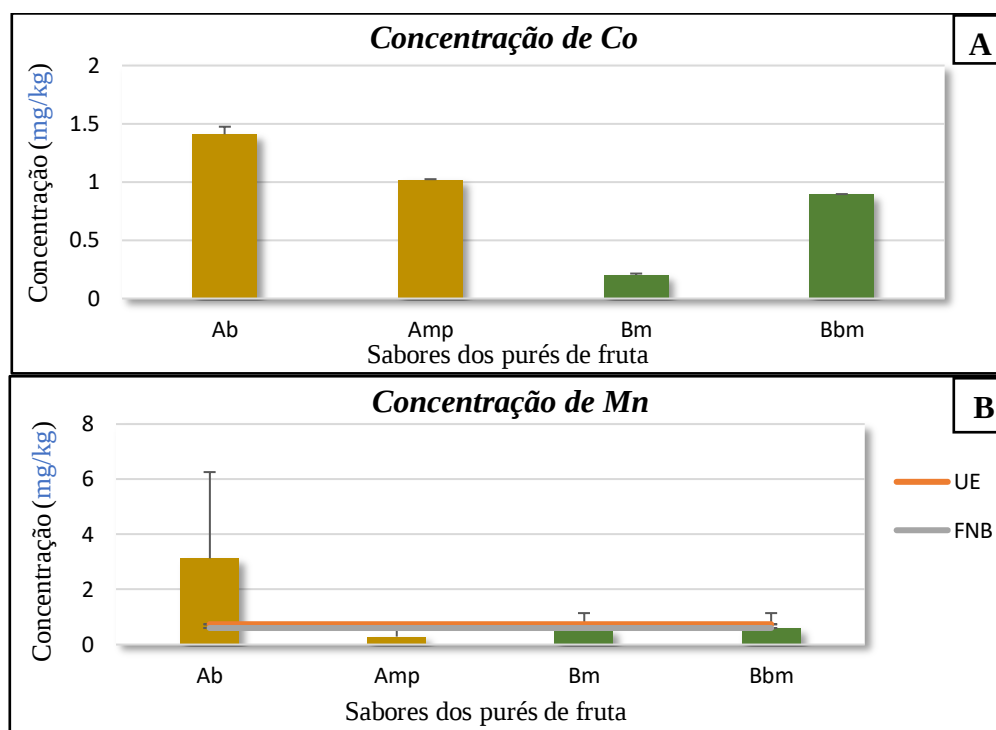


Figura 15. Média das concentrações dos microminerais detectados: (A) Co e (B) Mn

O Mn foi quantificado em amostras de dois sabores da marca B e da marca A. Das concentrações determinadas [pode-se](#) observar na Figura 15 que o puré do sabor a banana para a marca A com $3,13 \pm 0,11$ mg/kg de concentração, excedeu os limites de 0,738 e de 0,600 mg/kg fixados pela EU e pelo FNB, respectivamente.

De acordo com Akram e colaboradores (2020) o consumo de alimentos com altos teores de Mn pode ser prejudicial para a saúde, pois o seu excesso no organismo causa problemas de intoxicação alimentares com efeitos significativos no funcionamento do sistema nervoso central. As descrições da deficiência de magnésio em humanos não são consistentes.

Cuervo e colaboradores (2010) acrescentam que alguns dos sintomas descritos incluem disfunção neuromuscular, dermatite e hipocolesterolemia, crescimento lento das unhas e dos cabelos, alterações no crescimento dos cabelos, perda de peso, náuseas e [vômitos](#), podendo até diminuir a tolerância à glicose e que, [a](#) progressão da toxicidade dá origem a alterações permanentes muito semelhantes às da doença de Parkinson.

c) Metais não essenciais

- **Alumínio (Al), Vanádio (V) e Níquel (Ni)**

A partir do gráfico da Figura 16 pode-se observar que os teores de Al estão acima dos limites permitidos pelo Codex Alimentarius e EU com concentrações de $4,37 \pm 1,02$ mg/kg para Amp, $3,99 \pm 0,69$ mg/kg para Bm e $4,14 \pm 0,60$ mg/kg para a amostra Bbm.

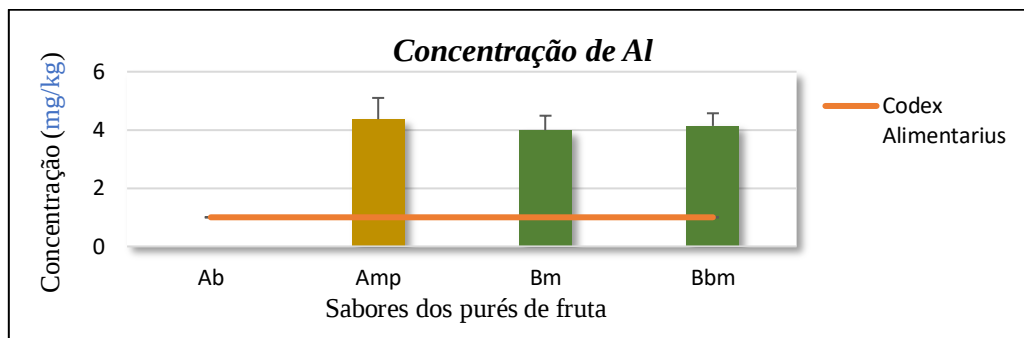


Figura 16. Média das concentrações de metais não essenciais detectados (Al)

Segundo Guerra e colaboradores (2012), o consumo de Al é até necessário no organismo, mas o seu excesso pode levar a alterações no funcionamento do sistema nervoso central. O Ni e o V foram identificados (qualitativamente) nas amostras de purés analisadas, porém a níveis abaixo do LOQ do método (Tabela E-1 e E-2, anexo E). Os benefícios e efeitos negativos no organismo relacionados ao consumo deste mineral são pouco conhecidos e os seus limites em alimentos nas legislações e/ou normas consultadas não foram encontrados pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA). Ainda segundo o relatório científico da EFSA (2014) os níveis de exposição ao Ni têm aumentado o que pode ser prejudicial à saúde.

- **Chumbo (Pb) e arsénio (As)**

O As foi determinado em duas amostras de puré, enquanto o Pb foi quantificado em quatro amostras. Em todas as amostras ambos elementos estiveram em média 40 vezes acima dos limites fixados pelo Codex Alimentarius de 0,200 e 0,050 mg/kg para As e Pb, respectivamente (com a exceção do Bbm que esteve aproximadamente 15 vezes acima) conforme ilustra a Figura 17. Segundo a OMS a concentração de Pb em alimentos suplementares infantis não deve exceder 0,020 mg/kg, valor este que está abaixo das concentrações determinadas nas amostras analisadas.

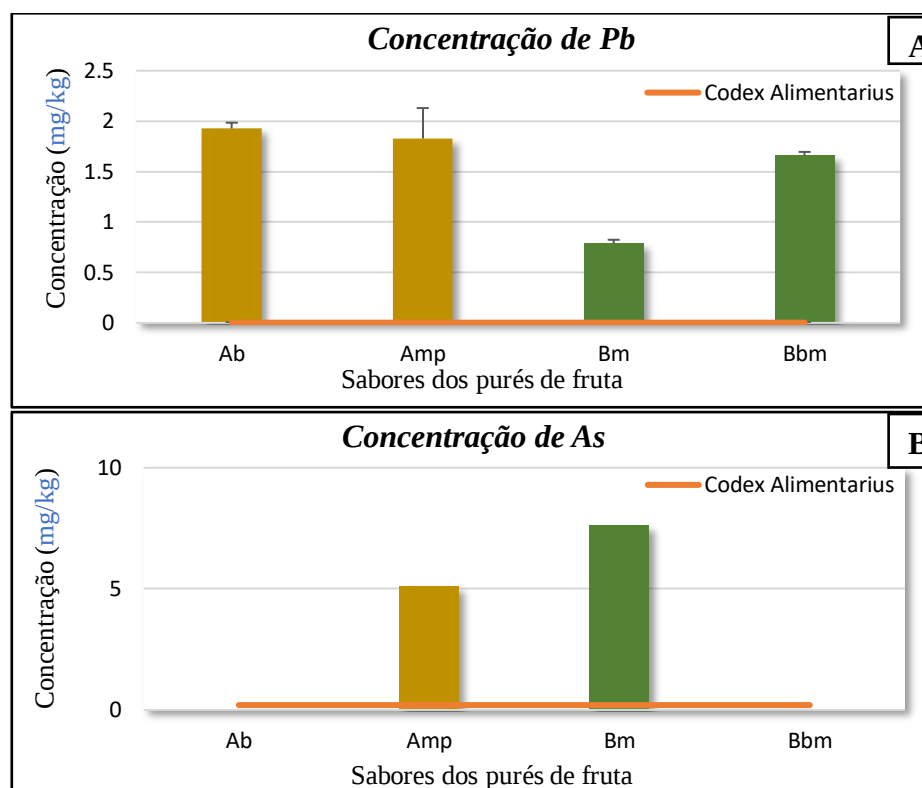


Figura 17. Média das concentrações de metais não essenciais detectados Pb (A) e As (B)

Elevadas concentrações do Pb e As em alimentos podem afectar de forma severa a saúde das crianças e o seu desenvolvimento cognitivo desde as dificuldades comportamentais até à redução do QI. O As de forma particular pode igualmente causar cancro da bexiga, do pulmão e da pele para além de afectar o sistema nervoso e de forma geral criar danos irreversíveis (Houlihan e Brody, 2019).

- **Bário (Ba)**

O Ba foi quantificado em três amostras, tendo aumentado na ordem Bm, Bbm e Amp com as concentrações de $0,166 \pm 0,033$ mg/kg; $0,270 \pm 0,018$ mg/kg e $0,325 \pm 0,001$ mg/kg, respectivamente (Figura 18).

As informações sobre a presença de Ba nos produtos de fórmula para lactentes são escassas. Contudo, as concentrações de Ba encontradas neste estudo são semelhantes às obtidas em outros

estudos. No estudo realizado por Elaridi e colaboradores (2020), em fórmulas para lactentes comercializadas no Líbano, foram determinadas concentrações de Ba $0,256 \pm 0,053$ mg/kg.

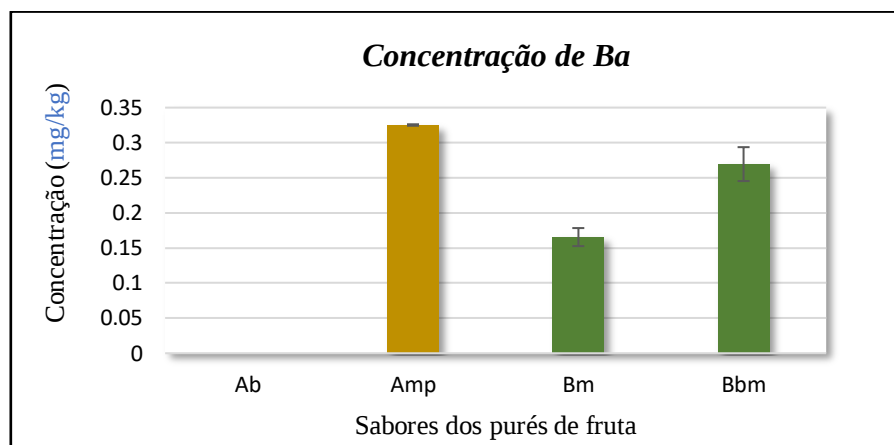


Figura 18. Média da concentração de metais não essenciais detectados (Ba)

4.5.2. Ingestão diária recomendada e avaliação do risco tóxico

As doses diárias estimadas (EDI) dos metais essenciais e não essenciais em purés de frutas comercializadas na cidade de Maputo calculadas pela expressão (8) foram comparadas com as doses diárias toleráveis (TDI) correspondentes estabelecidas pela WHO (2007), conforme pode ser visto na Tabela 9.

O comité misto de especialistas em aditivos alimentares da FAO/OMS (JECFA) estabelece que a dose diária tolerável provisória para o Al em fórmulas para lactentes é de $0,14$ mg/kg mc/dia (WHO, 2007). Portanto, as doses diárias de Al obtidas nos purés em estudo são menores que o valor da dose diária tolerável correspondente (Tabela 9). Os valores de EDI obtidos neste estudo foram semelhantes aos obtidos por Ikem e colaboradores (2002) em fórmulas infantis à base de leite comercializadas em supermercados da Nigéria ($0,067$ mg/kg mc/dia). Porém, os mesmos autores reportaram EDIs mais baixos ($0,022$ mg/kg mc/dia) para fórmulas infantis à base de leite comercializadas em supermercados do Reino Unido. Por outro lado, os resultados do estudo foram consideravelmente inferiores aos obtidos no estudo de Sipahi e colaboradores (2014) que variaram entre $0,10$ à $0,20$ mg/kg mc/dia. Tendo em conta que os EDIs de Al nos purés são inferiores ao TDI, pode-se dizer que os lactentes não estão em risco de exposição ao Al.

Tabela 9. Valores de EDI, RDI e TDI para as amostras de purés analisadas no presente estudo

Mineral	Ab	EDI (mg/kg mc/dia)			TDI* (mg/kg/dia)
		Amp	Bm	Bbm	
K	42,751	17,084	16,269	15,103	400
Mg	2,621	0,740	0,556	0,762	36
Ba	0,014	0,009	-	0,009	0,180
Cu	0,023	0,016	0,003	0,014	0,500
Cr	0,083	0,092	0,076	0,254	0,300
Co	0,050	0,005	0,009	0,009	-
Fe	-	-	0,009	0,023	0,800
Mn	0,014	0,009	-	0,009	-
Zn	0,023	0,016	0,003	0,014	1,00
Al	-	0,070	0,064	0,066	2,00
Pb	0,030	0,043	0,040	0,011	0,001
V	-	-	-	-	-
As	-	-	0,122	0,122	-

*Valores de TDI propostos pela WHO (2007) e EFSA (2014)

As doses diárias estimadas para o Cr nos purés de frutas variaram de 0,083 – 0,092 mg/kg mc/dia (marca A) e de 0,076 – 0,254 mg/kg mc/dia (marca B). O maior valor de EDI foi observado na amostra da marca B (sabor [mistura](#) de maçã e banana). Desta forma, [todas as amostras](#) em alusão [apresentaram valores](#) de EDI [dentro do](#) valor da dose diária tolerável estabelecida pela EFSA de 0,3 mg/kg mc/dia.

As doses diárias de As (em mg/kg mc/dia), foram determinadas apenas nas amostras Amp e Bbm. Ambas [as](#) amostras apresentaram o mesmo valor de EDI, 0,122 mg/kg mc/dia. A JECFA estabeleceu uma TDI provisória de 0,00021 mg/kg mc/dia. [Porém](#), este valor foi retirado por já não ser considerado protector da saúde (WHO/FAO, 2011), pelo que, todos os valores de EDI são essencialmente muito elevados [em relação](#) ao anterior TDI. Segundo Gundert-Remy e colaboradores (2015) a exposição ao As provoca doenças de pele, doenças do sistema nervoso, perturbações do desenvolvimento neurológico nas crianças, doenças pulmonares e pode contribuir para processos cancerígenos. Contudo, em estudos análogos, foram observados valores de EDI

inferiores aos obtidos no estudo, 0,0003 – 0,0007 mg/kg mc/dia (Başaran, 2022), 0,0009 – 0,003 mg/kg mc/dia (Elaridi *et al.*, 2021).

Por fim, os resultados obtidos indicam que as doses diárias de Pb nos purés em estudo variam de 0,011 a 0,043 mg/kg mc/dia. A JECFA estabelece uma TDI provisória para o Pb em fórmulas infantis de aproximadamente 0,001 mg/kg mc/dia, portanto, é possível constatar que os EDIs em todas as amostras são superiores ao TDI recomendado. Desta forma, o consumo dos purés analisados representa um risco de exposição dos lactentes ao Pb, pois, segundo Elaridi e colaboradores (2021) a exposição das crianças ao Pb (lactentes podem absorver até 50% de Pb em fórmulas infantis), mesmo em doses inferiores aos TDI, pode ser prejudicial à saúde da criança e resultar na diminuição da inteligência, no desenvolvimento neurocomportamental deficiente, na diminuição da estatura e do crescimento e na diminuição da audição. Os valores de EDI observados neste estudo é consideravelmente maior do que os EDIs relatados em estudos análogos no Líbano (Elaridi *et al.*, 2021) (0,004 – 0,011 mg/kg mc/dia), Turquia (Sipahi *et al.*, 2014) (0,0001 – 0,0002 mg/kg mc/dia), Etiópia (Eticha *et al.*, 2018) (0,0003 – 0,0019 mg/kg mc/dia). Por outro lado, os resultados do estudo são consideravelmente inferiores aos valores médios de EDI (0,159 mg/kg mc/dia) obtidos no estudo de Salah e colaboradores (2013) em fórmulas infantis comercializados no Egito. Os elevados níveis de Pb verificados no estudo, podem ser atribuídos à presença de Pb nas matérias-primas, nos equipamentos de produção, nos recipientes de embalagem utilizados pelos fabricantes dos purés (Mielech *et al.*, 2021).

Os valores referentes ao HQ e HI para os minerais que apresentam o RfD tabelado encontram-se ilustrados na Tabela 10. O Cr e Pb contribuíram grandemente para que o HI fosse maior que 1, indicando que a exposição predita é improvável de representar efeitos adversos à saúde. Entretanto, um HI que exceda 1 pode representar um risco, mas exige uma avaliação de incerteza e premissas de exposição mais detalhadas. Num estudo realizado sobre a exposição de bebês de 0 a 6 meses a metais pesados devido ao consumo de fórmula para lactentes, os valores de HQ foram de 0,02 a 0,14 para Pb e 0,47 a 1,60 para As (Başaran, 2022). Em outro estudo sobre a exposição a metais pesados causada pelo consumo de alimentos para bebês, realizado por Fathabad e colaboradores (2018), os valores de HQ foram de 0,53 para As, 0,01 para Cr e 1,22 para Pb.

Tabela 10. Valores de quociente e índice de risco para os purés de fruta analisados

<i>Mineral</i>	EDI (mg/kg/dia)				RfD	HQ			
	Ab	Amp	Bm	Bbm		Ab	Amp	Bm	Bbm
K	42,751	17,084	16,269	15,103	-	-	-	-	-
Mg	2,621	0,740	0,556	0,762	-	-	-	-	-
Ba	-	0,005	0,003	0,004	-	-	-	-	-
Cr	0,014	0,009	-	0,009	0,003	4,645	3,132	-	2,957
Co	0,023	0,016	0,003	0,014	0,043	0,524	0,379	0,075	0,332
Fe	0,083	0,092	0,076	0,254	0,700	0,118	0,132	0,108	0,363
Mn	0,050	0,005	0,009	0,009	0,140	0,357	0,033	0,063	0,068
Zn	-	-	0,009	0,023	0,300	-	-	0,028	0,078
Al	-	0,070	0,064	0,066	1,000	-	0,070	0,064	0,066
Pb	0,030	0,043	0,040	0,011	0,004	7,471	10,828	10,108	2,757
HI						13,116	14,574	10,447	6,621

As elevadas concentrações de metais não essenciais tóxicos como As e Pb observados neste estudo podem indicar a contribuição de outros factores externos, por exemplo, práticas de fabrico, incluindo o processamento dos purés, a produção e a utilização de materiais em contacto com os purés (Alharbi *et al.*, 2023). Além disso, de acordo com Pecev-Marinković e colaboradores (2024) os metais não essenciais tóxicos podem ocorrer em materiais de embalagem e migrar para fórmulas infantis em condições de armazenamento inadequadas, como temperatura, luz e humidade.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho, foi avaliada a qualidade mineral dos purés industrializados e comercializados na cidade de Maputo por ICP-OES e por meio dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

O método ICP-OES empregado mostrou-se selectivo e apresenta coeficientes de correlação de 0,9795 a 0,9999 ($R^2 > 0,99$). Ademais, apresentou uma recuperação analítica entre 84 à 110%, repetibilidade de 0,209 – 4,769 % para Al, As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb e Zn. Além disso, baixos valores de LOD (0,004 a 0,613 mg/kg) e LOQ (0,014 a 2,043 mg/kg) foram obtidos, pelo que o método de análise validado mostrou-se adequado para a quantificação de metais essenciais e não essenciais em amostras de purés.

Os resultados da análise das amostras de purés industrializados e orgânicos mostraram que todas as amostras em estudo apresentaram concentrações (em mg/kg) dos seguintes metais acima dos padrões estabelecidos pela EU, Codex Alimentarius e pelo FNB: Ab (K, Mg, Cr, Mn e Pb); Amp (K, Cr, Al, As e Pb); Bm (K, Cr, Al, As e Pb) e; Bbm (K, Cr, Fe, Mn, Al e Pb). As concentrações dos macrominerais K e Mg variaram de $34,8 \pm 1,7$ a 2675 ± 386 mg/kg, dos microminerais Ba, Cr, Co, Fe e Mn variaram de $0,166 \pm 0,033$ a $15,9 \pm 3,3$ mg/kg e, por fim, dos minerais tóxicos Al, Ni, Pb, V e As variaram de $7,62 \pm 0,54$ a $2,53 \pm 0,06$ mg/kg. Verificou-se também que a marca A apresenta concentrações de metais essenciais e não essenciais mais elevadas que a marca B para os metais Al, Co, Cr, K, Mg, Mn e Pb, com a exceção de Fe, Ni e As. Os minerais Cu, Ni, e V apresentaram concentrações abaixo do LOQ (0,109, 1,70 e 0,146 mg/kg, respectivamente).

No que diz respeito à avaliação do risco para a saúde dos lactentes, os resultados obtidos indicam que todas as amostras apresentaram valores de EDI menores que a correspondente TDI para os metais Ba, Cr, Co, K, Fe, Mg, Mn e Zn. Contudo a EDI foi maior que a TDI para os metais As e Pb; os valores do quociente de risco não cancerígeno para estes minerais tóxicos Pb, Cr e As foram maiores que 1. Adicionalmente, todas as amostras de purés apresentaram um valor do índice de risco não cancerígeno superior a 1, mostrando que o consumo desses produtos tem um risco grave de provocar efeitos adversos na saúde dos lactentes.

6. RECOMENDAÇÕES

Pelos resultados obtidos neste estudo nota-se claramente que os alimentos consumidos pelos bebés podem representar uma fonte importante de contaminação seja por metais pesados ou mesmo pelo excesso de um mineral essencial. Para um estudo completo, recomenda-se:

- A replicação de estudos similares envolvendo ainda mais variedades e marcas de alimentos destinados ao público infantil como papas, cereais, iogurtes entre outros;
- A quantificação das vitaminas e outros nutrientes para uma avaliação completa deste tipo de alimentos para a verificação da conformidade do seu valor nutricional com as leis vigentes;
- O estabelecimento de faixas de concentração para os nutrientes em alimentos suplementares para bebés em Moçambique como garantia da segurança da saúde deste grupo etário;
- Especial atenção aos órgãos competentes pela garantia da padronização e fiscalização da qualidade de produtos comercializados para a suplementação dos bebés.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akram, M., Munir, N., Daniyal, M., Egbuna, C., Găman, M.-A., Onyekere, P. F. e Olatunde, A. (2020). Vitamins and minerals: Types, sources and their functions. *Functional Foods and Nutraceuticals*, 9(1), 149–172. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_9.
2. Alharbi, N. S., Akamsiei, R. M., Almainan, L. A., A.L-Samti, M. A., Al-Mutairi, H. S., Al-owais, B. S., Alkhalaf, M. M. e Bineid, M. A. (2023). Occurrence and dietary exposure assessment of heavy metals in baby foods in the Kingdom of Saudi Arabia. *Food Science and Nutrition*, 11(9), 5270–5282. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3485>.
3. Almeida, C. C., Baião, D. dos S., Rodrigues, P. de A., Saint’Pierre, T. D., Hauser-Davis, R. A., Leandro, K. C., Paschoalin, V. M. F., Costa, M. P. da e Conte-Junior, C. A. (2022). Macrominerals and trace minerals in commercial infant formulas marketed in Brazil: Compliance with established minimum and maximum requirements, label statements, and estimated daily intake. *Frontiers in Nutrition*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.857698>.
4. AOAC International (2016) *Guidelines for Standard Method Performance Requirements AOAC Official Methods of Analysis*. Appendix F, 1-18. http://www.eoma.aoac.org/app_f.pdf. Rockville
5. Başaran, B. (2022). An assessment of heavy metal level in infant formula on the market in Turkey and the hazard index. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105(1),1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104258>.
6. Beyond. (2021). *Fruit Pulp Processing*. Acedido em 21 de Março de 2023, em: <https://fruitprocessingmachine.com/fruit-puree-processing/>.
7. Booth, B. P. e Simon, W. C. (2016). Analytical method validation. *New Drug Development: Regulatory Paradigms for Clinical Pharmacology and Biopharmaceutics*, 5(1), 138–159. <https://doi.org/10.1201/9780203026427-15>.
8. Branco, A. F. (2018). *Avanços em nutrição mineral de ruminantes*. Instituto de Estudos Pecuários. Acedido em 14 de Abril de 2023, em: <https://docplayer.com.br/134564103-Avancos-em-nutricao-mineral-de-ruminantes.html>.
9. Bulegon, J. S., Schäfer, M. G., Negrete, B. B., Heringer, A. e Horn, R. C. (2019). Intoxicação por cromo e seus efeitos no organismo. *Actas do XXIV Seminário Interinstitucional de Ensino*,

- Pesquisa e Extensão: Ciência e Tecnologia para a Transformação Social*. Campus Universitário Dr. Ulysses Guimarães, Rio Grande do Sul. 55º Volume. 1–4 pp.
10. Capuano, E., Alewijn, M., Ruth, S. M. Van e Verkaik-Kloosterman, J. (2012). *Analytical standards for the measurement of nutrients in infant formula*. Wageningen University & Research. Wageningen, Netherlands.
 11. Codex Alimentarius Commission. (1981). Codex standard for jams (fruit preserves) and jellies. *Codex Alimentarius*, 79(1), 1–9.
 12. Carvalho, K. C. M., Nachtigal, A. M., Garcia, J. A. D e Natel, A. S. (2021). Características bromatológicas e terapêuticas da farinha de resíduos de abóbora: Revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 10(4), 1–9. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13749>.
 13. Cuervo, M., Abete, I., Baladia, E. e Corbalan, M. (2010). Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población española. In Federación Española de Sociedades de Nutrición (Eds.), *Ingestas dietéticas de referencia para la población española*, Ediciones Universidad de Navarra, S.A. Navarra, Espanha.
 14. Custódio, F. B. (2021), W. P., Kringel, D. H., Paula, D. B. M., Gozzi Peloso, E. F. e. *Química e bioquímica de alimentos*. 1ª edição, Editora Universidade Federal de Alfenas. Minas Gerais, Brasil.
 15. De Campos, B. A. (2012). *Benefícios do magnésio para a saúde*. Tese de Licenciatura em Ciências Exatas e da Terra. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. São Paulo, Brasil. 57 pp.
 16. Dias, G. A. (2018). *Validação de método analítico para determinação de nitrogênio total em amostras de via úmida (chuva e neblina)*. Tese de Licenciatura em Farmácia. Escola de Farmácia. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Minas Gerais. 43 pp.
 17. Domínguez, A., Paz, S., Rubio, C., Gutiérrez, Á. e González-weller, D. (2017). *Essential and toxic metals in infant formula from the european community*. 2(2), 1–8. [Open Access Journal of Toxicology, Spain: https://doi.org/10.19080/OAJT.2017.02.555585](https://doi.org/10.19080/OAJT.2017.02.555585).
 18. EFSA (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). (2014). *Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water*. EFSA Journal 2014; 12(3):3595, 261 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3595>

19. Elaridi, J., Dimassi, H., Estephan, M. e Hassan, H. F. (2020). Determination of aluminum, chromium, and barium concentrations in infant formula marketed in Lebanon. *Journal of Food Protection*, 83(10), 1738–1744. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-003>.
20. Eticha, T., Afrasa, M., Kahsay, G. e Gebretsadik, H. (2018). Infant Exposure to Metals through Consumption of Formula Feeding in Mekelle, Ethiopia. *International Journal of Analytical Chemistry*, 5(1), 1–5. <https://doi.org/10.1155/2018/2985698>.
21. Fairulnizal, M., Gunasegavan, R. D. N., Khalid, N. M., Balasubramaniam, V., Mustar, S. e Rashed, A. A. (2020). Recent techniques in nutrient analysis for food composition database. *Molecules*, 25(19). <https://doi.org/10.3390/molecules25194567>.
22. Fathabad, A. E., Shariatifar, N., Moazzen, M., Nazmara, S., Fakhri, Y., Alimohammadi, M., Azari, A. e Mousavi Khaneghah, A. (2018). Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP- OES: A risk assessment study. *Food and Chemical Toxicology*, 115(1), 436–446. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.03.044>.
23. Feist, B. e Mikula, B. (2014). Preconcentration of heavy metals on activated carbon and their determination in fruits by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry*, 147(1), 302–306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.002>.
24. Fewtrell, M., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N., Mis, N. F., Hojsak, I., Hulst, J. M., Indrio, F., Lapillonne, A. e Molgaard, C. (2017). Complementary feeding: A position paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) committee on nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(1), 119–132. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>.
25. Foster, L. H. e Sumar, S. (1996). Hydride generation atomic absorption spectrometric (HGAAS) determination of selenium in term and preterm infant formulae available in the United Kingdom. *Food Chemistry*, 55(3), 293–298. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00116-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00116-6).
26. Galal, K., Hameed, A., El-Zamkan, M., Hameed, K. G. A. e El-Zamkan, M. A. (2015). Determination of some heavy metals in flavored milk by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) and their public health importance. *World Journal of Dairy e Food Sciences*, 10(2), 193–198. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.2.10284>.
27. Garuba, O. D., Anglin, J. C., Good S., Olufemi, S. E, Oyawoye, O. M. e Ayodotun, S. (2024).

- Evaluation of heavy metals in commercial baby foods. *Archives of Food and Nutritional Science*, 8(1), 012–020. <https://doi.org/10.29328/journal.afns.1001056>.
28. Ghuniem, M. M., Khorshed, M. A. e Khalil, M. M. H. (2020). Determination of some essential and toxic elements composition of commercial infant formula in the Egyptian market and their contribution to dietary intake of infants. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 100(5), 525–548. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1637426>.
29. Gómez-Nieto, B., Motyzhov, V., Gismera, M. J., Procopio, J. R. e Sevilla, M. T. (2020). Fast-sequential determination of cadmium and copper in milk powder and infant formula by direct solid sampling high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, 159(1), 105–121. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105335>.
30. Grillo, A. de C., Guedes, I. M. da S., Nicolai, J. C. e Fernandez, W. S. (2020). Importância e atuação dos sais minerais no organismo. *Revista Científica Eletrônica De Enfermagem Da Faef*, 5(3), 248–253.
31. Guerra, A., Amil, J. e Porto, D. (2012). Alimentação e nutrição do lactente. *Acta Pediátrica Portuguesa*, 43(5), 17–40.
32. Gundert-Remy, U., Damm, G., Foth, H., Freyberger, A., Gebel, T., Golka, K., Röhl, C., Schupp, T., Wollin, K.-M. e Hengstler, J. G. (2015). High exposure to inorganic arsenic by food: the need for risk reduction. *Archives of Toxicology*, 89(12), 2219–2227. <https://doi.org/10.1007/s00204-015-1627-1>.
33. Houlihan, J. e Brody, C. (2019). *What's in my baby's food ?*. Healthy Babies Bright Futures - HBBF. San Francisco, USA.
34. House of Representatives, U. S. (2021). *Baby Foods Are Tainted with Dangerous Levels of Arsenic, Lead, Cadmium, and Mercury*. Subcommittee on Economic and Consumer Policy Committee on Oversight and Reform U.S. House of Representatives. Washington, DC.
35. Ikem, A., Nwankwoala, A., Oduyungbo, S., Nyavor, K. e Egiebor, N. (2002). Levels of 26 elements in infant formula from USA, UK, and Nigeria by microwave digestion and ICP-OES. *Food Chemistry*, 77(1), 439–447.
36. Inarejos-García, A. M., Mancebo-Campos, V., Cañizares, P. e Llanos, J. (2015). Physical-chemical characterization of fruit purees and relationship with sensory analysis carried out by

- infants (12 to 24 mo). *Journal of Food Science*, 80(5), 1005–1011. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12860>.
37. KEBS. (2016). DKS 2640:2016 - Kenya standard Fruit juices and nectars - Specification. Kenya Bureau of Standards. Nairobi, Kenya. 5–15 pp.
38. Marcos, B. e Cosmo, N. (2020). Métodos de determinação de extrato etéreo, proteína bruta e fibra em detergente neutro. *Revista Agronomia Brasileira*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.29372/rab202010>.
39. Martin, N. (2020). *The Quantification of Heavy Metals in Infant Formulas Offered by the Florida WIC Program*. Master Dissertation in Environmental and Occupational Health. College of Public Health, University of South Florida. Florida. 66 pp.
40. Martins, F. A. S. (2016). *Implementação e validação de métodos analíticos*. Dissertação de Mestrado em Química. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra. 126 pp.
41. Maslin, K. e Venter, C. (2017). Nutritional aspects of commercially prepared infant foods in developed countries: A narrative review. *Nutrition Research Reviews*, 30(1), 138–148. <https://doi.org/10.1017/S0954422417000038>.
42. Melo, R., Gellein, K., Evje, L. e Syversen, T. (2008). Minerals and trace elements in commercial infant food. *Food and Chemical Toxicology*, 46(10), 3339–3342.
43. Mielech, A., Puścion-jakubik, A. e Socha, K. (2021). Assessment of the risk of contamination of food for infants and toddlers. *Nutrients*, 13(7), 1–6. <https://doi.org/10.3390/nu13072358>.
44. Monte, C. M. G. e Giugliani, E. R. J. (2004). Recomendações para alimentação complementar da criança em aleitamento materno. *Jornal de Pediatria*, 80(5), 131–141. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572004000700004>.
45. Neto, E., De Oliveira, A., Fonsêca, B., Rosane, F. e De Souza, L. (2018). *Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas*. 1ª Edição, Editora IFRN. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
46. Okada, I. A., Duran, M. C., Buzzo, M. L., Dovidauskas, S., Sakuma, A. M. e Zenebon, O. (2007). Validação e aplicação de metodologia analítica na determinação de nutrientes inorgânicos em arroz polido. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(3), 492–497.
47. Ozturk, K., Caliskan, C. E., Akinci, Z. e Ciftci, H. (2023). Assessment of some element content

- and potential health risks in infant formulas available in Turkish markets. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 5(1), 17–24. <https://doi.org/10.51435/turkjac.1294052>.
48. Paschoal, J. A. R., Rath, S., Airoidi, F. P. D. S. e Reyes, F. G. R. (2008). Validação de métodos cromatográficos para a determinação de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos. *Quimica Nova*, 31(5), 1190–1198. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500048>.
49. Pecev-Marinković, E., Rašić Mišić, I., Mrmošanin, J., Petrović, S., Pavlović, A. e Tošić, S. (2024). Quantitative determination of selected elements in infant baby formulae and baby food cereals commercially available in Serbia using the ICP OES method. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 84(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2024.127457>.
50. Perez, M. Â. F. (2010). Validação de métodos analíticos: Como fazer? é importante? por que ela é importante. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*, 22(1), 1–6.
51. Poitevin, E. (2016). Official methods for the determination of minerals and trace elements in infant formula and milk products: A Review. *Journal of AOAC International*, 99(1), 42–52. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-0246>.
52. Roess, A. A., Jacquier, E. F., Catellier, D. J., Carvalho, R., Lutes, A. C., Anater, A. S. e Dietz, W. H. (2018). Food consumption patterns of infants and toddlers: Findings from the feeding infants and toddlers study (FITS) 2016. *Journal of Nutrition*, 148(9), 1525–1535.
53. Romero-Velarde, E., Villalpando-Carrión, S., Pérez-Lizaur, A. B., Iracheta-Gerez, M. de la L., Alonso-Rivera, C. G., López-Navarrete, G. E., García-Contreras, A., Ochoa-Ortiz, E., Zarate-Mondragón, F., López-Pérez, G. T., Chávez-Palencia, C., Guajardo-Jáquez, M., Vázquez-Ortiz, S., Pinzón-Navarro, B. A., Torres-Duarte, K. N., Vidal-Guzmán, J. D., Michel-Gómez, P. L., López-Contreras, I. N., Arroyo-Cruz, L. V., ... Pinacho-Velázquez, J. L. (2016). Guidelines for complementary feeding in healthy infants. *Boletín Médico Del Hospital Infantil de México*, 73(5), 338–356. <https://doi.org/10.1016/j.bmhime.2017.11.007>.
54. Rosa, L., Cutone, A., Lepanto, M., Paesano, R. e Valenti, P. (2017). Lactoferrin: A natural glycoprotein involved in iron and inflammatory homeostasis. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9), 1985–2011. <https://doi.org/10.3390/ijms18091985>.
55. Salah, F. A. A. E., Esmat, I. A. e Mohamed, A. B. (2013). Heavy metals residues and trace elements in milk powder marketed in Dakahlia Governorate. *International Food Research Journal*, 20(4), 1807–1812.

56. Series, F. (2009). A Research study into consumer's attitudes to food labeling. *Food Safety Authority of Ireland (FSAI)*, 1(1), 1–13.
57. Silva, C. E. de F. e Abud, A. K. de S. (2017). Tropical Fruit pulps: Processing, product standardization and main control parameters for quality assurance. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 60(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2017160209>
58. Simões, B. D. F. (2018). *Identificação e quantificação de níquel em produtos alimentares para crianças*. Dissertação de Mestrado em Segurança Alimentar. Faculdade de Farmácia, Universidade de Coimbra. Coimbra. 67 pp.
59. Sipahi, H., Eken, A., Aydın, A., Şahin, G. e Baydar, T. (2014). Safety assessment of essential and toxic metals in infant formulas. *The Turkish Journal of Pediatrics*, 56(1), 385–391.
60. Tobaruela, E. de C. (2016). *Uso de métodos oficiais*. Materiais de Ensino. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.
61. Toledo, M. C., Lee, J. S., Batista, B. L., Olympio, K. P. K. e Nardocci, A. C. (2024). Essential and Toxic elements in infant cereal in Brazil: exposure risk assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(4), 381–398.
62. UNICEF. (2011). *Infant and Young Child Feeding*. Nutrition section, programmes. United Nations Children's Fund. New York, United States of America.
63. Vallinoto, P., Moreira, E. G. e Maihara, V. A. (2022). Estimation of daily dietary intake of essential minerals and trace elements in commercial complementary foods marketed in Brazil. *Food Chemistry Advances*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100039>
64. Ward, R. E. e Carpenter, C. E. (2010). *Traditional Methods for Mineral Analysis*. In S. S. e Nielsen (Ed.), *Food Analysis*, Springer. Massachusetts, United States of America. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_12.
65. WHO. (2007). *WHO Guidelines for Assessing Quality of Herbal Medicines with Reference to Contaminants and Residues*. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
66. WHO/FAO. (2011). *Evaluation of certain contaminants in food*. Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Food and Agriculture Organization of the United Nations e World Health Organization. Rome, Italy.

ANEXOS

A. CURVAS DE CALIBRAÇÃO

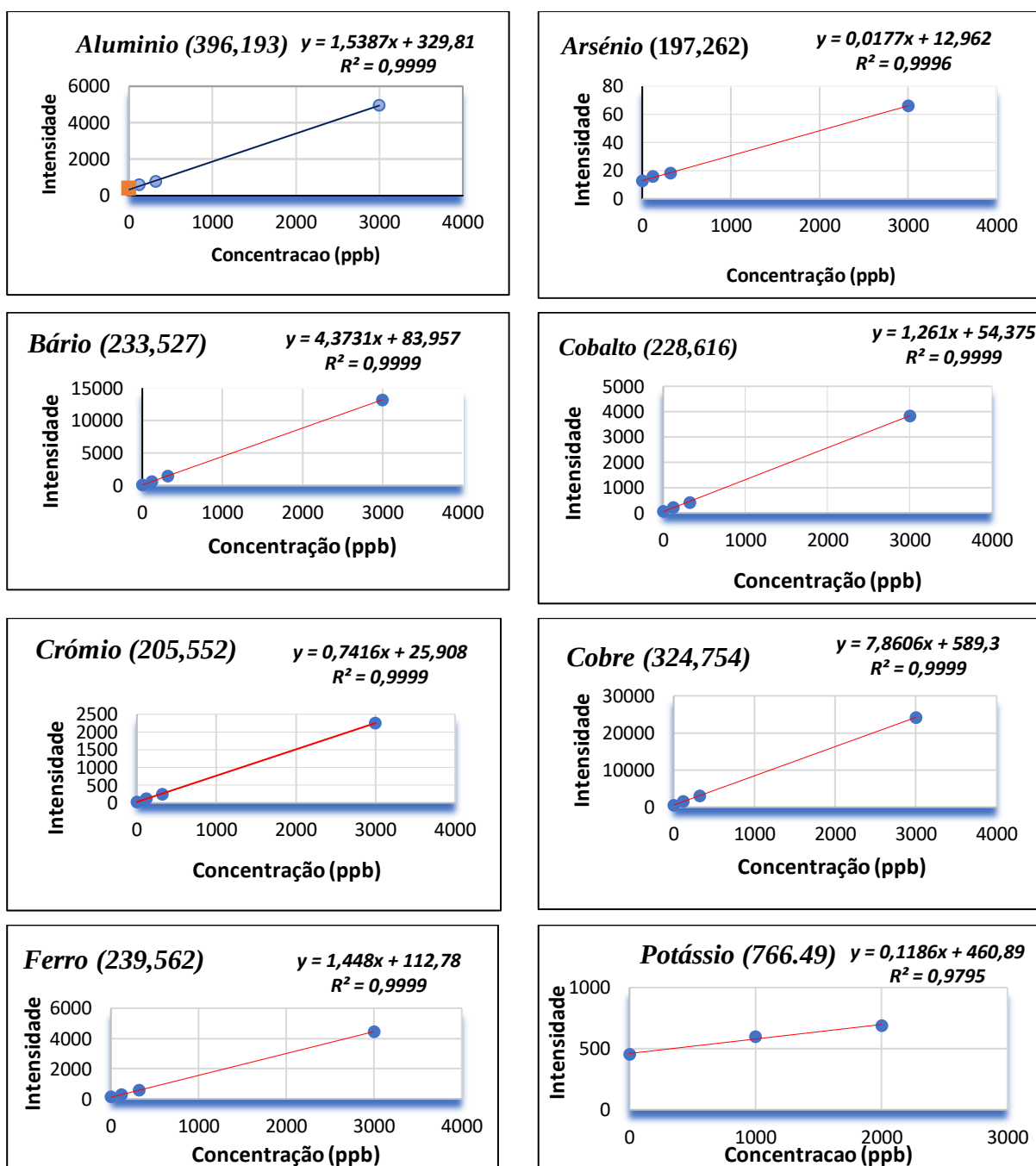


Figura A-1. Curvas de calibração para os elementos Al, As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe e K.

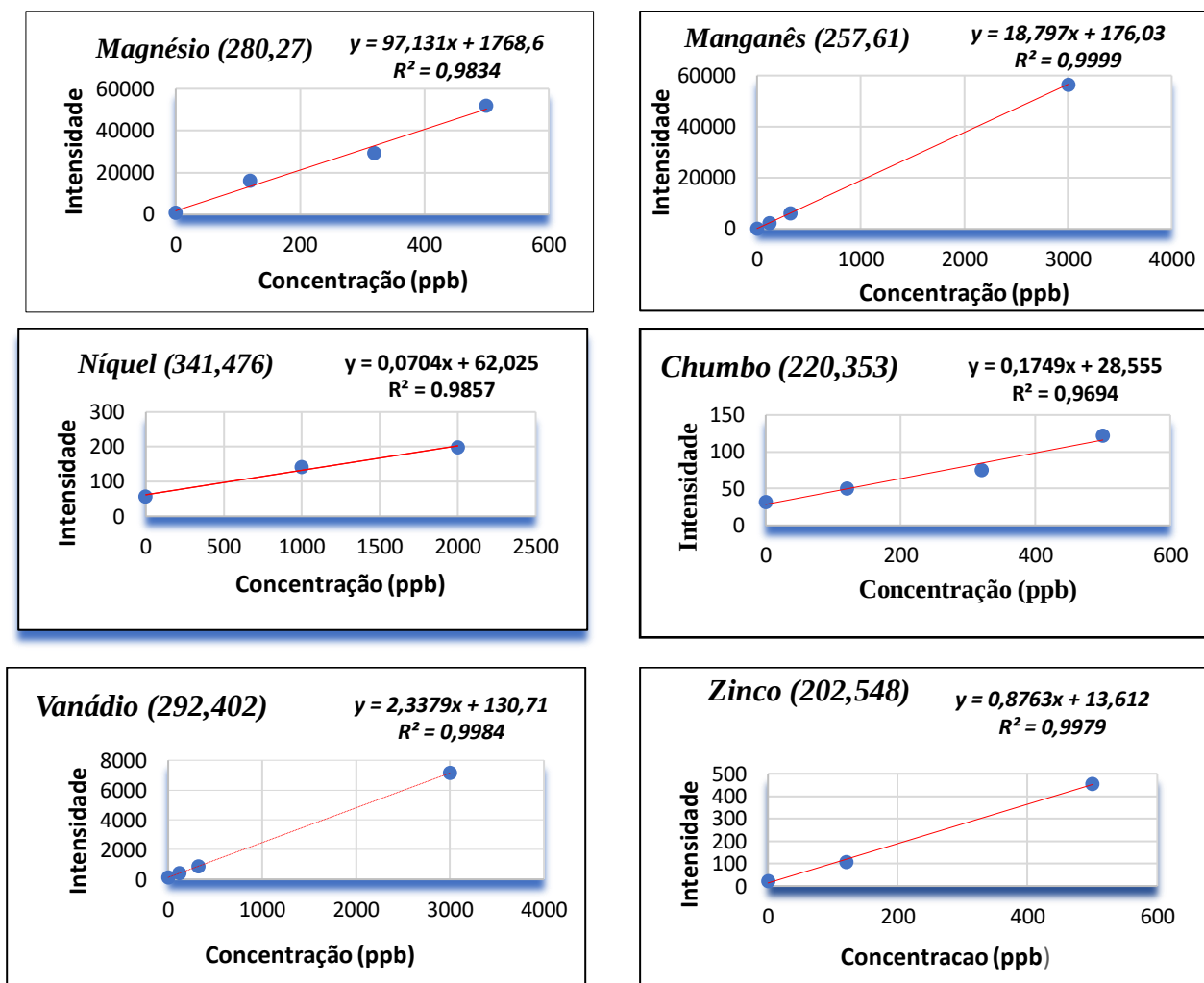


Figura A-2. Curvas de calibração para os elementos Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn.



INQUÉRITO

e) Quem lhe deu as primeiras orientações em relação à introdução de alimentos? Nutricionista/Médico/Pediatra? () sim () não
f) Se sim, você seguiu e concordou com as orientações? () sim () não
g) Já optou por purés de fruta? () sim () não
h) Se sim, das marcas abaixo, quais conhece? () A () B () C () D
i) Das marcas mencionadas, qual é a de preferência para o seu filho? () A () B () C () D
j) Escolha, duas (2) marcas de fácil acesso no mercado? () A () B () C () D

Obrigada por participar neste inquérito, a sua contribuição foi de grande valor!

C. RESULTADOS DO INQUÉRITO

Tabela C-1. Respostas ao inquérito

CI	AM	AE	Idade da IAC	Tipo de AC	Orientação do Especialista	Marcas Conhecidas	MP	MFA
P1	S	N	5	Papa de milho	S	Todas	-	-
P2	S	S	6+	Sopa	S	Todas	A	B e C
P3	S	S	4	Fruta	S	A, B e D	B	A e B
P4	S	N	5	Papa de arroz	N	A e B	B	A e B
P5	S	S	6	Papa de milho	S	A e B	B	A e B
P6	S	N	5	Fruta	S	-	-	-
P7	S	S	4	Fruta	N	A, B e C	B	A e B
P8	S	N	3	Papa de milho	S	A	A	A e B
P9	S	S	6	Papa de milho	N	B e D	B	A e B
P10	S	N	5	Papa de arroz	N	Todas	C	A e B
P11	S	N	5	Papa de milho	S	A e B	B	A e B
P12	N	N	5	Papa de milho	S	Todas	D	B e C
P13	S	S	6	Papa de milho	S	B e D	B	A e B
P14	S	S	6+	Papa de milho	S	A e B	B	A e B
P15	S	N	4	Fruta	N	Todas	B	A e B
P16	S	N	4	Papa de milho	S	Todas	A e B	A e B
P17	S	N	5	Fruta	N	A	A	A e B
P18	S	N	4	Fruta	S	Todas	A	A e B
P19	S	N	4	Papa de milho	N	D	D	B e D
P20	S	N	6	Sopa	N	A e B	B	A e B
P21	S	N	4	Papa de milho	S	A, B e C	A	A e C
P22	S	S	6	Papa de milho	S	D	C	B e C
P23	S	N	3	Fruta	N	Todas	A e D	A e B
P24	S	S	6	Fruta	S	A	A	A e B
P25	S	S	6	Papa de milho	S	A e B	B	A e B
P26	S	S	6+	Papa salgada	S	A, B e C	C	B e D
P27	S	N	4	Papa salgada	N	A e B	B	A e B
P28	S	S	6	Sopa	S	A e B	B	A e B

CI – Código do inquerido; AM – aleitamento materno; AE – Aleitamento exclusivo; IAC – Introdução alimentar complementar; AC – Alimentação complementar; MP – Marcas de preferência; MFA – Marca de fácil acesso; S – Sim; N – Não

D. COMPARAÇÃO PERCENTUAL DOS RESULTADOS DO INQUÉRITO

Tabela D-1. Comparação dos resultados do inquérito em termos de frequência percentual

Opções	Marcas conhecidas	%	Marcas de preferência	%	Marca de fácil acesso	%
Nenhuma	1	3,6	2	7,14	2	7,14
Todas	8	28,6	0	0	0	0
A	3	10,7	6	21,4	0	0
B	0	0	13	46,4	0	0
C	0	0	3	10,7	0	0
D	2	7,1	2	7,14	0	0
A e C	0	0	0	0	1	3,6
A e B	8	28,6	1	3,57	20	71,4
A e D	0	0	1	3,57	0	0
B e C	0	0	0	0	3	10,7
B e D	2	7,1	0	0	2	7,1
A, B e C	3	10,7	0	0	0	0
A, B e D	1	3,6	0	0	0	0
Total	28	100	28	100	28	100

E. CONCENTRAÇÕES DOS MINERAIS NAS AMOSTRAS DOS PURÉS

Tabela E-1. Concentrações detectadas em amostras da Marca A (Versão orgânica)

Símbolo do Elemento	Concentração (mg/kg) /RSD (%)			
	Amostra Ab	RSD	Amostra Amp	RSD
K	2675±386	1,40	1069±131	0,886
Mg	164±5	2,41	46,3±6,9	1,07
Ba	<LOQ	-	0,325±0,001	0,320
Cr	0,872±0,050	4,15	0,588±0,041	3,04
Co	1,41±0,09	4,63	1,02±0,01	0,465
Fe	5,17±2,07	0,288	5,78±0,75	0,939
Mn	3,13±0,11	2,42	0,289±0,047	0,116
Al	<LOQ	-	4,37 ±1,03	16,9
Ni	<LOQ	-	<LOQ	-
Pb	1,87±0,08	3,20	2,71±0,43	0,115
V	<LOQ	-	<LOQ	-
As	<LOQ	-	7,62±0,54	4,08

<LOQ - abaixo do limite de quantificação;

Tabela E-2. Concentrações detectadas em amostras da Marca B (Versão comum)

Símbolo do Elemento	Concentração (mg/kg) /RSD (%)			
	Amostra Bm	RSD	Amostra Bbm	RSD
K	1018 ± 28	1,96	945±7	0,544
Mg	34,8±1,7	3,44	47,7±0,1	0,209
Ba	0,166±0,033	0,146	0,270±0,018	4,77
Cu	<LOQ	-	<LOQ	-
Cr	<LOQ	-	0,555±0,030	3,88
Co	0,202±0,004	1,29	0,894±0,017	1,39
Fe	4,75±0,76	0,116	15,9±3,3	0,149
Mn	0,548±0,035	4,59	0,593±0,086	1,044
Zn	0,534±0,069	0,936	1,47±0,01	0,636
Al	3,99±0,69	12,48	4,14±0,60	10,43
Ni	<LOQ	-	<LOQ	-
Pb	2,53±0,06	1,62	0,69±0,05	0,516
V	<LOQ	-	<LOQ	-
As	7,62 ±0,54	1,72	<LOQ	-

<LOQ- abaixo do limite de quantificação;