

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

RENATA DE LIMA CAPISTANO

**DETERMINAÇÃO DE FERRO EM FARINHAS DE TRIGO
ENRIQUECIDAS**

**ITUMBIARA-GO
2025**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Renata de Lima Capistano.

Matrícula: 20202040030120.

Título do Trabalho: Determinação de ferro em farinhas de trigo enriquecidas.

Autorização - Marque uma das opções

1. (**X**) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 25/09/2025.
Local Data



Documento assinado digitalmente
RENATA DE LIMA CAPISTANO
Data: 25/09/2025 14:35:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RENATA DE LIMA CAPISTANO

**DETERMINAÇÃO DE FERRO EM FARINHAS DE TRIGO
ENRIQUECIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador(a): Dra. Katiúscia Daiane Ferreira

**ITUMBIARA-GO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C243d Capistano, Renata de Lima
Determinação de ferro em farinhas de trigo enriquecidas. / Renata de Lima Capistano
-- Itumbiara, 2025.
32 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2025.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Katiúscia Daiane Ferreira.

1. Saúde pública 2. Ferro 3. Farinha de trigo . I. Título. II. Ferreira, Katiúscia Daiane.
III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 664.07

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Rosiane Gonçalves de Lima CRB1/1684

RENATA DE LIMA CAPISTANO

DETERMINAÇÃO DE FERRO EM FARINHAS DE TRIGO ENRIQUECIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química e obtenção do título de Licenciada em Química.

Área de concentração: Ciências Exatas e da Terra; Química; Química Analítica.

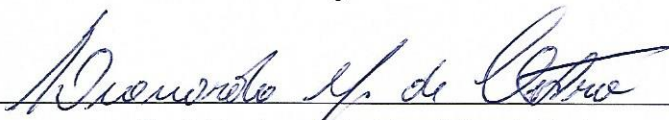
Aprovado em 29 de agosto de 2025.



Profa. Dra. Katiúscia Daiane Ferreira
Orientadora - IFG – Câmpus Itumbiara



Prof. Gustavo Henrique Silva
Avaliador - Colégio Gabarito – Itumbiara



Prof. Me. Leonardo Magalhães de Castro
Avaliador - IFG – Câmpus Itumbiara

Dedico este trabalho a Deus, por me conceder força e sabedoria ao longo desta jornada. Agradeço, com carinho, à minha família, e aos meus professores, pelo apoio e incentivo em cada etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha avó Luiza Soares, que sempre me incentivou a estudar e se orgulhava da minha dedicação. Seus ensinamentos foram fundamentais para que eu não parasse no Ensino Médio e seguisse em frente, mesmo com dificuldades. Embora não esteja entre nós, sei que estaria muito feliz em me ver chegando até aqui. Obrigada, vovó (mãe), por tudo.

Agradeço também à minha professora orientadora, um verdadeiro exemplo de dedicação e amor pelo que faz. Sua paixão pelo ensino me inspirou e reacendeu em mim a lembrança da minha primeira professora, exemplos que levarei para a vida. Agradeço por ter sido a pessoa certa para me orientar nessa etapa tão importante.

Toda honra e glória a Deus pela conclusão deste trabalho.

“A Química é a ponte entre o invisível e o visível.” (Linus Pauling-1939)

RESUMO

O ferro é um micronutriente essencial à saúde humana, atuando no transporte de oxigênio, no metabolismo energético e na síntese de DNA. A deficiência desse mineral configura um problema de saúde pública no Brasil e no mundo, afetando principalmente crianças e gestantes. Para reduzir os índices de anemia ferropriva, a Resolução RDC nº 344/2002 da ANVISA determinou a fortificação obrigatória das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico. Este trabalho teve como objetivo determinar quantitativamente o teor de ferro em diferentes marcas de farinha de trigo fortificadas comercializadas em Itumbiara-GO, empregando o método ferro-o-fenantrolina e análise por espectroscopia de absorção molecular na região do UV/VIS. Os teores médios de ferro encontrados foram de 4,7 mg/100 g, 4,07 mg/100 g e 7,5 mg/100 g, todos dentro dos limites legais, embora com variações significativas em algumas triplicatas, indicando possível falha na homogeneização industrial. Também foi avaliado o teor de cinzas, e todas as amostras apresentaram valores fora dos padrões estabelecidos, revelando excesso ou deficiência de minerais. Esses achados reforçam a importância do controle de qualidade e da fiscalização contínua na indústria, garantindo a efetividade da política de fortificação.

Palavras-chave: Ferro. Farinha de trigo. Espectroscopia UV/VIS. Fortificação. Saúde pública.

ABSTRACT

Iron is an essential micronutrient for human health, involved in oxygen transport, energy metabolism, and DNA synthesis. Iron deficiency is a public health problem in Brazil and worldwide, primarily affecting children and pregnant women. To reduce iron deficiency anemia rates, ANVISA Resolution RDC No. 344/2002 mandated the mandatory fortification of wheat and corn flours with iron and folic acid. This study aimed to quantitatively determine the iron content in different brands of fortified wheat flour sold in Itumbiara, Goiás, using the iron-o-phenanthroline method and UV/VIS molecular absorption spectroscopy. The average iron levels found were 4.7 mg/100 g, 4.07 mg/100 g, and 7.5 mg/100 g, all within legal limits, although with significant variations in some triplicates, indicating a possible failure in industrial homogenization. Ash content was also assessed, and all samples showed values outside established standards, revealing excess or deficiency of minerals. These findings reinforce the importance of quality control and continuous monitoring in the industry, ensuring the effectiveness of the fortification policy.

Keywords: Iron. Wheat flour. UV/VIS spectroscopy. Fortification. Public health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Estrutura molecular da ortofenantrolina	19
Figura 2 -	Amostra de trigo na chapa aquecedora para pré digestão com H ₂ SO ₄	21
Figura 3 -	Cinzas retiradas da mufla após 4 horas	21
Figura 4 -	Soluções aquosas das amostras.....	22
Figura 5 -	Soluções preparadas para construção da curva de calibração.....	23
Figura 6 -	Espectrofotômetro Kasuaki IL-593 usado nas medidas.....	24
Figura 7 -	Soluções das amostras preparadas para a leitura por espectroscopia.....	24
Figura 8 -	Curva de calibração do complexo Fe II e Fenantrolina a 510 nm.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Alimentos ricos em ferro de origem animal e vegetal.....	16
Tabela 2 -	Identificação das amostras selecionadas para análise.....	20
Tabela 3 -	Resultado do teor de cinzas nas amostras de farinhas.....	26
Tabela 4 -	Resultados das análises de Fe (II) nas amostras investigadas.....	27
Tabela 5 -	Média das triplicatas para resultado final.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Objetivos.....	12
1.1.1	Objetivo geral.....	12
1.1.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	12
1.2	Justificativa.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO ou REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	O elemento químico ferro.....	14
2.2	Ferro: elemento inorgânico essencial para a saúde humana.....	14
2.3	<i>Doenças relacionadas à deficiência de ferro</i>	15
2.4	<i>Alimentos ricos em ferro.....</i>	16
2.5	<i>Políticas de fortificação no Brasil.....</i>	17
2.6	<i>Espectroscopia de absorção molecular UV/VIS.....</i>	19
2.7	<i>Complexo $[Fe(fen)_3]^{2+}$</i>	19
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	Digestão das amostras.....	21
3.2	Preparo dos reagentes.....	22
3.3	<i>Curva padrão.....</i>	23
3.4	<i>Determinação de ferro nas amostras.....</i>	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1	Curva padrão.....	25
4.2	Determinação de cinzas nas amostras	25
4.3	<i>Análise de ferro nas amostras</i>	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O ferro é um elemento inorgânico essencial para variadas funções celulares, tais como a síntese de DNA, o metabolismo energético e o transporte de oxigênio. Adicionalmente, funciona em muitos processos enzimáticos da cadeia respiratória mitocondrial. É encontrado em vários alimentos de origem animal (carnes, leite e ovos) e vegetal (verduras de coloração verde escura, leguminosas, entre outros) (Borba, 2022).

As consequências da deficiência de ferro no organismo humano são diversas e podem ser tanto reversíveis quanto irreversíveis. Entre elas, destacam-se o atraso no crescimento infantil e no desenvolvimento psicomotor de lactentes, fatores que comprometem o desempenho intelectual e escolar durante a infância e a adolescência. Em adultos, a deficiência de ferro pode levar à redução da produtividade e à diminuição da capacidade de concentração (Teodoro, 2018).

O Brasil, sendo um país rico na produção primária de grãos, destaca-se também na oferta de produtos derivados. A farinha de trigo, amplamente consumida pela população, é exemplo disso. A fortificação desses alimentos com ferro é uma estratégia eficaz para combater a deficiência do mineral, contribuindo para a prevenção da anemia, especialmente a ferropriva (Teodoro, 2018).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2015), a anemia é definida como uma condição caracterizada por uma concentração de hemoglobina no sangue significativamente abaixo do normal, resultante da deficiência de um ou mais nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo. A carência de ferro, principal causa da anemia, afeta aproximadamente 2 bilhões de pessoas em todo o mundo (sociedade Brasileira de Pediatria, 2007).

Considerando que hábitos alimentares inadequados são os principais determinantes para deficiência de ferro e que a fortificação de alimentos que compõem a prática alimentar das famílias brasileiras contribui para a diminuição do risco da deficiência do mineral em pauta, o Ministério da Saúde propôs, em 2002, o Programa de Fortificação de Farinhas de Trigo e de Milho com Ferro e Ácido Fólico. A Resolução RDC n. 344/2002, foi implantada no país em junho de 2004 e prevê que os fabricantes adicionem um mínimo de 4 mg 9mg de ferro e 140mcg à 220 mcg de ácido fólico para cada 100g de farinha de trigo e de milho produzidas para consumo (Brasil, 2016).

A fortificação obrigatória das farinhas de trigo e de milho com ácido fólico e ferro é uma das estratégias do Ministério da Saúde (MS) para a prevenção da anemia e diminuição da

incidência das doenças do tubo neural (DTN). Esta ação é acompanhada pela Comissão Interinstitucional para Implementação, Acompanhamento e Monitoramento das Ações de Fortificação das Farinhas de Trigo, Milho e de seus subprodutos, instituída pelo MS por meio das Portarias n. 14/2002 e n. 1.793/2009 (Brasil, 2016).

Diante dessa contextualização, este estudo tem como objetivo investigar se as marcas selecionadas de farinha de trigo fortificadas, destinadas ao uso doméstico e panificação, comercializadas em Itumbiara-Goiás, estão em conformidade com a Resolução nº 344, de 13 de dezembro de 2002.

1.1 Objetivos

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Conduzir análises laboratoriais para determinação do teor de ferro em farinhas de trigo comercializadas na cidade de Itumbiara-GO, a fim de verificar a conformidade com a Resolução - RDC Nº 344, de 13 de dezembro de 2002, da ANVISA.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar amostras de farinha de trigo fortificadas para uso doméstico e de panificação comercial, disponíveis em supermercados, priorizando produtos produzidos nas indústrias da cidade;
- Determinar quantitativamente o teor de ferro presente nas amostras utilizando espectroscopia de absorção molecular na região do UV/VIS;
- Determinar o teor de cinzas nas amostras;
- Comparar os resultados obtidos com os valores estabelecidos em legislação e com aqueles reportados em outros estudos.

1.2 Justificativa

A Química é uma ciência que trabalha para progresso da humanidade e para promoção do bem-estar no cotidiano da população, desvendando as leis naturais, transformando a matéria e promovendo avanços tecnológicos. É fundamental que os serviços profissionais na área da Química sejam prestados para a coletividade, e que venham a contribuir para o desenvolvimento técnico, econômico, social e ambiental (Conselho Federal de Química, 2023).

Neste sentido, este trabalho visa investigar se farinhas de trigo e milho fortificadas, comercializadas em Itumbiara-Goiás, estão em conformidade com as normas de fortificação

estabelecidas pelo Ministério da Saúde. Considerando a alta prevalência de deficiência de ferro e anemia na população, as análises das amostras buscam garantir que os produtos atendam aos padrões de enriquecimento nutricional, promovendo a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico por meio da prevenção de doenças relacionadas à carência de ferro. A anemia não apenas impacta a saúde pública, mas também prejudica o desenvolvimento socioeconômico do país. Portanto, a verificação do teor de ferro nas farinhas é crucial para garantir que os consumidores recebam a quantidade adequada desse nutriente em suas dietas diárias, além de prevenir fraudes e adulterações. Isso promove a segurança alimentar da população, em conformidade com a legislação vigente e enfatiza a necessidade de uma fiscalização rigorosa para assegurar que os produtos disponíveis no mercado atendam aos padrões estabelecidos de enriquecimento nutricional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO ou REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O elemento químico Ferro

O ferro é um metal de transição com número atômico 26, localizado no grupo 8 e no quarto período da tabela periódica, com massa molar de $55,845 \text{ g.mol}^{-1}$. É um elemento muito abundante na crosta terrestre, encontrado em grandes jazidas na forma de minerais, com teores que variam amplamente. Suas propriedades químicas e físicas são fundamentais tanto em processos industriais quanto em sistemas biológicos. Dentre os oito elementos químicos mais presentes na crosta terrestre, o ferro figura em quarto lugar, representando cerca de 5% em massa, sendo superado apenas pelo oxigênio, silício e alumínio. Na natureza, o ferro aparece principalmente em dois estados de oxidação: ferroso (Fe II) e férrico (Fe III), formando compostos químicos minerais que geralmente apresentam coloração que varia do cinza ao negro (Duarte, 2019).

Os principais minerais de ferro são hematita, goethita e magnetita. O Brasil possui a quinta maior reserva de ferro do mundo, sendo uma das que apresentam maior teor de ferro. O país está entre os três maiores produtores globais de minério de ferro, juntamente com China e Austrália. As principais reservas de ferro no Brasil estão localizadas no Estado de Minas Gerais, nas regiões do Quadrilátero Ferrífero, Vale do Rio Peixe Bravo e Bacia do Rio Santo Antônio; no Estado do Pará, na região de Carajás; em Caetité, no sul do Estado da Bahia; e no Estado de Mato Grosso do Sul, na região da Morraria de Urucum (Duarte, 2019).

2.2 – Ferro: elemento inorgânico essencial para saúde humana

O ferro é um oligoelemento vital para o ser humano. E esse mineral participa de o que isso significa?

múltiplos processos metabólicos, sendo encontrado como componente de enzimas e outros complexos moleculares. Dentre suas principais funções está o transporte de oxigênio através da hemoglobina, síntese de Ácido desoxirribonucleico (DNA) e transporte de elétrons, por ter capacidade de aceitá-los e doá-los (Nunes, 2018; Borba et al., 2022).

Esse mineral desempenha papel relevante no sistema nervoso estando envolvido na síntese, degradação e armazenamento dos seguintes neurotransmissores: serotonina, dopamina e ácido gama-aminobutírico. Além disso, o ferro contribui nas funções dopaminérgicas e gabaminérgicas (Borba et al., 2022).

A renovação do ferro cerebral é muito lenta. Portanto, as deficiências produzidas nas fases iniciais da vida são mais difíceis de corrigir e tendem a persistir. O ferro também é

essencial para a mielinização dos axônios (Nunes, 2018). O ferro é fundamental para uma série de enzimas envolvidas na síntese, função e degradação de neurotransmissores como a 5-HT, NE e DA. Esse metal também é necessário para a enzima ribonucleotídeo redutase que regula a divisão celular, além de ser essencial para o funcionamento de várias reações de transferências de elétrons relacionadas ao metabolismo lipídico e energético cerebral (Nunes, 2018).

Em seres humanos, além de ser encontrado na forma funcional que compreende: hemoglobina (65 a 70%), mioglobina e enzimas (10 a 15%), o ferro também podem estar na forma de depósito que corresponde a: ferritina, hemossiderina e Tf, 20 a 30% (Borba et al., 2022).

2.3 – Doenças relacionadas à deficiência de ferro

A deficiência de ferro é definida como a redução do ferro corpóreo total, com exaustão dos estoques e algum grau de deficiência tissular. Como a distribuição do ferro tem uma dinâmica própria, esse mineral pode ocupar diferentes compartimentos, que são interligados, mas que podem, didaticamente, ser avaliados separadamente (Borba et al., 2022).

Estimativas recentes apontam que mais de 5 bilhões de pessoas são portadoras de deficiência de ferro, ressaltando-se que a metade das pessoas afetadas possuem anemias, a manifestação mais severa desta deficiência (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2007). A anemia ferropriva enfraquece o sistema imunológico, reduz o desempenho físico, prejudica o desenvolvimento cognitivo em crianças e aumenta o risco de infecções, com maior prevalência em mulheres gestantes e crianças, principalmente nos países em desenvolvimento. Considerada um sério problema de saúde pública, a anemia pode prejudicar o desenvolvimento mental e psicomotor, causar aumento da morbimortalidade materna e infantil, além da queda no desempenho do indivíduo no trabalho e redução da resistência às infecções (Sato et al., 2010; Nunes, 2018).

Além disso, níveis baixos de ferro no sangue podem desencadear hipotireoidismo, deficiência de vitamina C e agravar casos de anemia falciforme. Outras doenças relacionadas à deficiência de ferro incluem: Anemia perniciosa, Anemia aplástica, Talassemia, Anemias hemolíticas (hereditárias ou adquiridas) e Anemia das doenças crônicas (Sato et al., 2010).

O funcionamento do nosso corpo é incrivelmente interligado, e a presença adequada de ferro é essencial para que tudo ocorra bem (Nunes, 2018).

2.4 – Alimentos ricos em ferro

O ferro está presente em alimentos como a carne vermelha, peixe, frango, nozes, legumes, frutas, verduras e grãos. Apesar de existir uma variedade de alimentos de origem animal e vegetal que contêm este mineral, como visualizado na tabela 1, a deficiência de ferro continua a ser a deficiência de nutrientes mais comum (Sato et al., 2010).

Tabela 1 - Alimentos ricos em ferro de origem animal e vegetal, especificado a quantidade de ferro para cada 100g.

Fígado de frango cozido	5,96 mg
Ostras cozidas	4,9 mg
Fígado bovino grelhado	5,8 mg
Carne moída cozida	2,7 mg
Atum assado	1,3 mg
Gema de ovo cozida	2,9 mg
Ovo de galinha inteiro cozido	1,5 mg
Sardinha assada	1,3mg
Espirulina	28,5 mg
Sementes de abóbora torrada	14,9 mg
Pistacho	4,0 mg
Cacau em pó	13,9 mg
Tofu	1,4 mg
Sementes de girassol	5,2 mg
Feijão preto cozido	1,5 mg
Grão-de-bico cozido	2,9 mg
Aveia em flocos	4,4 mg
Pão de cevada	3,86 mg
Pão de centeio	2,83 mg

O ferro presente nos alimentos pode ser classificado em duas formas principais: o ferro heme, encontrado em alimentos de origem animal, e o ferro não heme, presente em alimentos de origem vegetal. O ferro heme, presente na carne bovina, aves, peixes e vísceras, apresenta maior biodisponibilidade, sendo absorvido pelo intestino em taxas que variam entre 10% e 30%.

Já o ferro não heme possui absorção significativamente mais baixa e variável, o que o torna menos eficiente para suprir as necessidades do organismo.

Apesar disso, a absorção do ferro não heme pode ser favorecida quando consumido junto com certos nutrientes. A vitamina C (ácido ascórbico) é o principal fator que melhora sua biodisponibilidade, pois mantém o ferro no estado ferroso e forma o complexo ferro-ascorbato, mais solúvel e, portanto, facilmente absorvido (Fantini et al., 2008). Além da vitamina C, a vitamina A, os carotenos e a ingestão conjunta de carnes e vísceras também contribuem para potencializar essa absorção.

Por esse motivo, recomenda-se associar alimentos fontes de ferro vegetal com frutas como laranja, morango e abacaxi, ou ainda com vegetais ricos em vitamina C, como o pimentão.

Essa combinação favorece a utilização adequada do ferro pelo organismo e contribui para a prevenção de deficiências nutricionais.

Alimentos ricos em ferro devem ser ingeridos em todas as fases da vida, sendo especialmente importantes para mulheres grávidas, idosos e bebês, pois esses grupos têm maior necessidade desse mineral (Sato et al., 2010).

2.5– Políticas de fortificação no Brasil

- Resolução - RDC Nº 344, de 13 de dezembro de 2002: Por que a farinha de trigo e de milho?

A fortificação de alimentos tem sido amplamente discutida nos últimos anos, com o objetivo de corrigir ou atenuar problemas de nutrição e saúde pública (Brasil, 2016).

Devido à alta prevalência de anemia por deficiência de ferro, a fortificação de alimentos com este mineral tem sido uma estratégia adotada para corrigir, erradicar ou prevenir essa condição. Para que a fortificação seja eficaz, os alimentos utilizados como veículos devem ser amplamente consumidos.

Os principais alimentos fortificados são os cereais, que são amplamente consumidos desde a infância (Brasil, 2016). Mais de 600 milhões de toneladas de farinha de trigo e milho são moídas anualmente no mundo e consumidas na forma de pães, macarrão e outros produtos. Por isso, a fortificação das farinhas é uma estratégia eficaz, simples e barata para suprir as dietas de grandes segmentos da população mundial.

Segundo a Resolução RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002, da ANVISA/MS, a partir de junho de 2004, tanto as farinhas de trigo e de milho vendidas diretamente ao consumidor quanto aquelas utilizadas como matéria-prima pelas indústrias na fabricação de outros produtos devem ser enriquecidas com ferro e ácido fólico (Brasil, 2016). De acordo com essa Resolução, cada 100g de farinha de trigo e de milho deve conter 4,2 mg de ferro e 150 mcg de ácido fólico. Os compostos de ferro que podem ser utilizados na fortificação incluem sulfato

ferroso desidratado (seco), fumarato ferroso, ferro reduzido, ferro eletrolítico, EDTA de ferro e sódio (NaFeEDTA) e ferro bisglicina quelato. Outros compostos podem ser utilizados, desde que apresentem, no mínimo, o mesmo nível de biodisponibilidade de ferro.

O sulfato ferroso, uma das formas mais utilizadas, é um composto solúvel em água e apresenta a maior biodisponibilidade comparado aos outros, embora apenas 10 a 20% deste ferro seja absorvido.

O enriquecimento de alimentos com micronutrientes é uma estratégia de saúde adotada por diversos países desde o início do século XX e recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como uma abordagem para reduzir deficiências nutricionais por micronutrientes. Esta estratégia apoia a prevenção e a redução de anemia e de doenças do tubo neural em diferentes países. A efetividade dos programas de fortificação de farinhas depende não apenas do consumo dos alimentos fortificados pela população, da quantidade de nutrientes adicionada e da biodisponibilidade dos compostos, mas também da organização e comprometimento do setor produtivo e do acompanhamento dos governos na aplicação da medida.

2.6- Espectroscopia de absorção molecular UV/VIS

Diversos métodos estão disponíveis para a determinação de ferro, entre os quais se destaca a espectrofotometria na região UV-VIS. Esse método é amplamente utilizado em técnicas analíticas devido ao seu custo relativamente baixo, sensibilidade e precisão nos resultados. A espectrofotometria UV-VIS é uma ferramenta valiosa para a determinação de parâmetros físico-químicos e a medição de velocidades de reações, especialmente em procedimentos que envolvem medidas diretas de espécies que absorvem radiação (Borges et al., 2016).

A região do espectro ultravioleta próximo é geralmente considerada entre 200 e 400 nm, enquanto a região visível varia de 400 a 800 nm. A técnica se baseia na medição indireta da luz absorvida por espécies químicas moleculares com grupos cromóforos relevantes, geralmente em solução. A absorção ocorre em moléculas que possuem elétrons capazes de serem promovidos a níveis de energia mais elevados mediante a absorção de energia, fazendo com que a molécula passe de um estado de menor energia (geralmente o estado fundamental) para um estado eletrônico excitado. Durante a transição eletrônica, a distribuição da população de moléculas em diferentes níveis vibracionais e rotacionais provoca o aparecimento de uma banda de absorção no espectro, que representa a transmitância da luz na amostra em função da energia (ou alguma grandeza relacionada) da radiação luminosa incidente (Borges et al., 2016)

Vários reagentes orgânicos podem ser empregados na determinação de ferro, pois possuem a capacidade de seletividade e sensibilidade necessárias para formar quelatos estáveis. Esses quelatos são essenciais na determinação espectrofotométrica de metais. Um exemplo bem conhecido dessa classe de compostos é a 1,10-fenantrolina ou ortofenantrolina, conforme ilustrado na Figura 1 (Rocha et al., 2004).

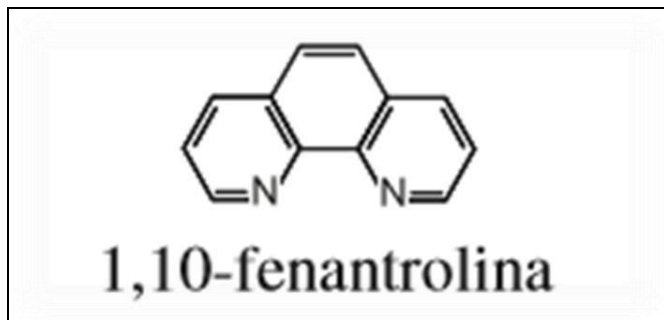


Figura 1-Estrutura molecular da ortofenantrolina
Fonte: ROCHA *et al.*, 2004.

2.7 - Complexo $[\text{Fe}(\text{fen})_3]^{2+}$

A capacidade de absorção de muitos complexos de metais de transição se deve a um processo de transferência de carga, no qual um dos componentes atua como doador de elétrons e o outro como receptor. A absorção está relacionada com a transição de um elétron doador para um orbital de maior energia do receptor. Assim, o estado excitado é resultado de uma espécie de oxirredução interna, como ocorre no íon complexo tris(o-fenantrolina) ferro (II), $[\text{Fe}(\text{fen})_3]^{2+}$, formado entre ferro (II) e o ligante 1,10-fenantrolina (ortofenantrolina) (Borges et al., 2016).

O complexo $[\text{Fe}(\text{fen})_3]^{2+}$, conhecido como "ferroína," é usado para a determinação fotométrica de ferro divalente (Fe (II)). É usada como indicador redox com potencial padrão de +1.06 V. O complexo de ferro II e 1,10-fenantrolina exibe uma coloração vermelho-alaranjado, e quando submetido à análise por espectroscopia absorve na região visível do espectro eletromagnético no comprimento de onda de 510 nm (Borges et al., 2016).

A análise de ferro por espectroscopia de absorção molecular é realizada por transferência de carga entre o grupo doador de elétrons no íon metálico e a 1,10-fenantrolina, ligante receptor de elétrons. O produto dessa reação é um tipo de processo interno de oxidação-redução reversível, demonstrado na equação: $[\text{Fe}(\text{fen})_3]^{3+} + e^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{fen})_3]^{2+}$.

O método do ferro-o-fenantrolina é específico para a determinação ferro ferroso (Fe^{2+}), com isso, quando o ferro apresenta número de oxidação +3, férrico, deve haver a redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} . Utilizando a hidroxilamina e tampão acetato de amônio ocorre, respectivamente, a redução e estabilização dessa reação de oxidação-redução.

3 METODOLOGIA

Para avaliar o teor de ferro nas farinhas de trigo, foram realizadas análises laboratoriais utilizando a espectroscopia de absorção molecular UV/VIS do íon complexo formado entre o ferro (II) e o ligante ortofenantrolina, o $[\text{Fe}(\text{fen})_3]^{2+}$.

Para as análises foram adquiridas três amostras de farinha de trigo fortificada com ferro. Duas delas são comercializadas em embalagens lacradas na cidade e pertencendo a diferentes fabricantes. A última amostra foi coletada em uma padaria que produz bolos, pães, salgados e outras guloseimas amplamente consumidas pela população do município de Itumbiara, neste caso a amostra foi retirada de uma saca com grande quantidade de farinha para consumo do estabelecimento.

As análises foram realizadas em triplicata visando garantir maior precisão e confiabilidade dos resultados. A realização em triplicata permite a verificação da reprodutibilidade dos dados e a identificação de possíveis desvios, assegurando a consistência e a qualidade da análise. A tabela 2 mostra a identificação das amostras.

Tabela 2- Identificação das amostras selecionadas para análise.

Amostra 1A/1B/1C	Amostra de farinha comercializada - Fabricante 1
Amostra 2A/2B/2C	Amostra de farinha comercializada - Fabricante 2
Amostra 3A/3B/3C	Amostra de Farinha de Padaria

Para determinar contaminantes e minerais em alimentos, é necessário disponibilizar os analitos em solução, o que se obtém por meio da mineralização da amostra, seguida da dissolução dos resíduos com ácidos minerais. A etapa de destruição da matéria orgânica, conhecida como mineralização e digestão, é considerada crítica na análise, pois pode comprometer os resultados. Isso ocorre principalmente pela possibilidade de contaminação da amostra durante o processo ou pela perda de elementos que se pretende medir, seja por ficarem retidos nas paredes do recipiente (adsorção) ou por se transformarem em vapores durante o aquecimento (volatilização). Assim, a escolha da técnica analítica depende do tipo de elemento a ser analisado e da sua concentração na amostra (Instituto Adolfo Lutz, 2008). No caso deste trabalho, foi escolhida a digestão por via seca em mufla devido à grande quantidade de amostras disponível e, por esta técnica evitar a geração de gases, elimina-se a necessidade de sistemas de exaustão.

3.1- Digestão das amostras

Em um cadinho de porcelana, foram pesados 2 gramas de farinha de trigo, aos quais adicionou-se 2 mL de H_2SO_4 a 10% para pré-digestão. As amostras foram então aquecidas em uma chapa aquecedora até a secagem (Figura 2). Em seguida, as amostras foram levadas à mufla a 550°C por 4 horas, para que as cinzas ficassem brancas, devido a completa mineralização e descarbonização (Figura 3) (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Retirou-se as amostras da mufla, deixou-as resfriando no dessecador e depois elas foram pesadas. Acrescentou-se água destilada, e as soluções foram transferidas para balões volumétricos de 25 mL, completando-se o volume, como apresentado na Figura 4.

Figura 2- Amostra de trigo na chapa aquecedora para pré-digestão com H_2SO_4 , antes de ir a mufla.



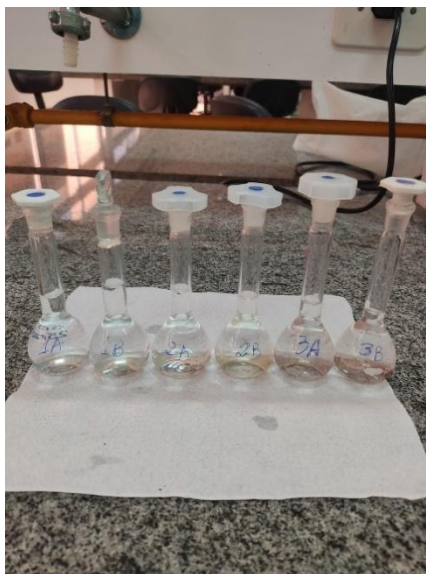
Fonte: Autoria própria.

Figura 3 - Cinzas retiradas da mufla após 4 horas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4- Soluções aquosas das amostras.



Fonte: Autoria própria.

3.2- Preparo dos reagentes

- **Solução 1,10 fenantrolina**

Dissolveu-se 0,2517 g de fenantrolina em uma pequena quantidade de água sob aquecimento. Após o resfriamento, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e completada com água até o menisco.

- **Solução tampão acetato de sódio/ácido acético**

Dissolveu-se 8,3004 g de acetato de sódio em água destilada e deionizada. Em seguida, adicionaram-se 12 mL de ácido acético e a solução foi diluída até 100 mL.

- **Solução padrão estoque de ferro (1000 mg/L)**

Dissolveu-se 3,512 g de sulfato de ferro (II) amoniacal hexahidratado $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em água destilada e deionizada. Em seguida, adicionaram-se duas gotas de HCl concentrado. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 500 mL, completando-se o volume com água destilada.

- **Solução padrão intermediária de ferro (0.01 mg/L)**

Pipetou-se 1 mL da solução estoque de ferro para um balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, adicionaram-se 2 mL de HCl e completou-se o volume com água destilada e deionizada.

- **Solução de cloridrato de hidroxilamina a 10% (m/v)**

Dissolveu-se 10,0534 g da substância em água destilada e deionizada, diluindo-se o volume para 100 mL.

3.3- Curva padrão

A curva de calibração foi construída utilizando sulfato ferroso amoniacal ($[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) para a preparação de soluções com concentrações finais de 0,2 mg/L, 0,4 mg/L, 1,0 mg/L e 2,0 mg/L, conforme figura 5. Para isso utilizou-se respectivamente 1, 2, 5 e 10 mL da solução padrão intermediária de Fe de 0,01mg/mL às quais foram adicionados a cada uma, 1 mL de cloridrato de hidroxilamina a 10% (m/v). Em seguida aqueceu-se até a ebulição por 10 minutos. Após o resfriamento, cada solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se 5 mL de solução tampão de acetato/ácido acético e 4 mL de solução de 1,10-fenantrolina a 0,25% (m/v), completando-se o volume com água destilada.

Um branco foi preparado com todos os reagentes usados, exceto a solução padrão de Fe. A quantificação do ferro foi então conduzida por espectroscopia de absorção UV-Vis, usando o equipamento Espectrofotômetro Kasuaki IL-593, mostrado na figura 6, no comprimento de onda de 510 nm.

Figura 5 - Soluções preparadas para construção da curva de calibração.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Espectrofotômetro Kasuaki IL-593 usado nas medidas

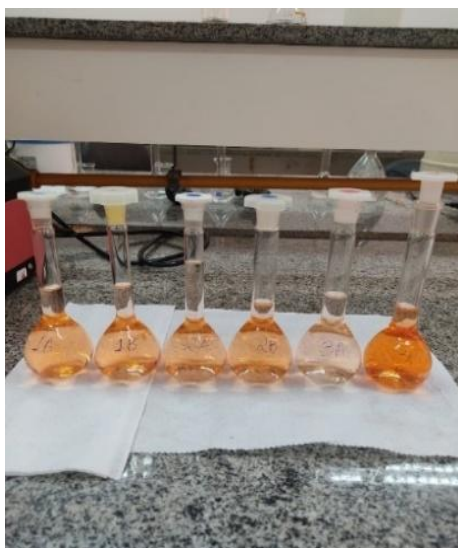


Fonte: Autoria própria.

3.6- Determinação de ferro nas amostras

As determinações de ferro foram realizadas em triplicatas. Pipetou-se 10 mL da solução de cada amostra preparada para um béquer de 25 mL. Em seguida, foi adicionado 1 mL de solução de cloridrato de hidroxilamina a 10% e aqueceu-se a mistura até a ebulição por 10 minutos. Após o resfriamento, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se 5 mL de solução tampão de acetato/ácido acético e 4 mL de fenantrolina a 0,25%. O volume foi completado com água destilada e deionizada, seguido de homogeneização da solução. Por fim, a quantificação do ferro nas soluções preparadas, apresentadas na figura 7, foi realizada por espectrofotometria UV/VIS em 510 nm.

Figura 7- Soluções das amostras preparadas para a leitura por espectroscopia UV-Vis



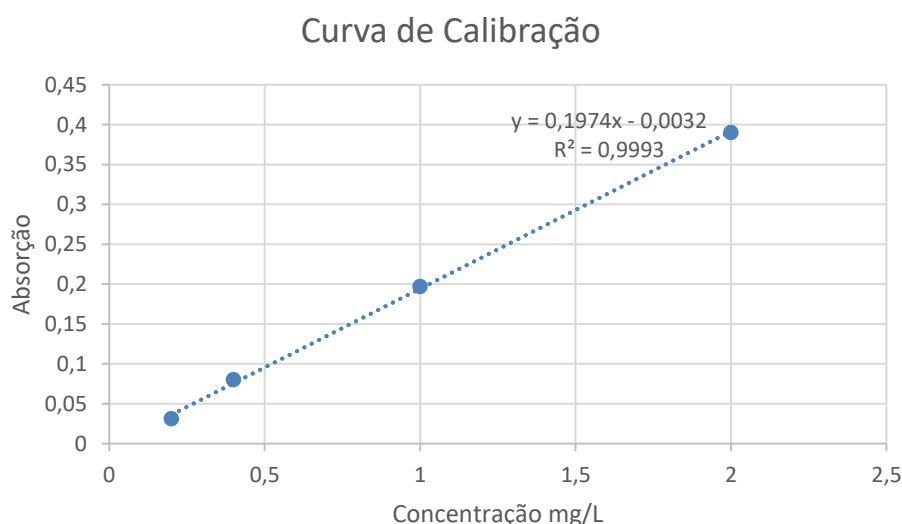
Fonte: Autoria própria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Curva padrão

A utilização da curva padrão em um método analítico confirma a linearidade por meio do coeficiente de correlação, indicando que a metodologia é válida para a análise do trabalho (Borges et al., 2016). A Figura 8 apresenta a relação gráfica entre os valores de absorbância e concentração. Com base nessa análise, é possível verificar uma ótima linearidade da relação, com coeficiente de correlação relativo de $R^2=0,9993$ e determinar a equação de conversão $y=0,1974x-0,0032$ para transformar os valores de absorbância em concentração.

Figura 8- Curva de calibração do complexo Fe II e Fenantrolina a 510 nm.



Fonte: Autoria própria.

4.2- Determinação de Cinzas nas amostras

As cinzas indicam a quantidade de matéria inorgânica (minerais) presente no alimento. A composição do solo, especialmente em relação aos nutrientes disponíveis, influencia o cultivo do trigo e pode afetar o teor de cinzas na farinha (Ferrato, 2022).

Uma farinha de qualidade normalmente apresenta baixa acidez, cor branca e baixo teor de cinzas. No Brasil, o teor de cinzas é utilizado como critério para diferenciar os tipos de farinha disponíveis no mercado, sendo que teores mais baixos indicam uma farinha de melhor qualidade tecnológica. Isso ocorre porque maiores concentrações de cinzas estão associadas à maior presença de farelo, o que, apesar de elevar o teor de fibras, reduz o volume e a leveza de produtos panificáveis (Silva et al., 2015).

Além de ser um parâmetro de classificação, o teor de cinzas também tem importância prática para a saúde do consumidor e para o controle de qualidade. Valores abaixo do limite legal podem indicar deficiência mineral na farinha, reduzindo seu valor nutricional. Já valores acima do permitido sugerem excesso de sais minerais e impurezas, que podem comprometer a qualidade sensorial do produto, afetar seu desempenho tecnológico e até indicar falhas no processo de produção (Boen et al., 2007). Dessa forma, o monitoramento desse parâmetro é essencial para garantir tanto a conformidade com a legislação quanto a segurança e qualidade do alimento oferecido ao consumidor.

Os teores de cinzas das três marcas de farinha de trigo analisadas em triplicata estão apresentados na Tabela 3. A média dos resultados obtidos foi comparada aos limites estabelecidos pela legislação vigente e pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA).

De acordo com o Ministério da Saúde, o teor de cinzas em farinhas de trigo deve estar entre 0,65% e 1,35%, enquanto a TBCA apresenta como valor de referência 0,64% (Ferrato, 2022).

Tabela 3: Resultado do teor de cinzas nas amostras de farinhas.

Marca	A	B	C	Média	Desvio padrão (%)
Farinha 1	0,59 %	0,64 %	0,56 %	0,59 %	4,75
Farinha 2	0,44 %	0,69 %	0,56 %	0,56 %	22,19
Farinha 3	0,49 %	1,99 %	2,52 %	1,66 %	63,21

As amostras identificadas como Farinha 1 e Farinha 2 apresentaram valores médios de 0,59% e 0,56%, respectivamente, ou seja, abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação vigente (0,65%), o que sugere menor concentração de minerais em relação ao esperado. Essa não conformidade pode impactar o valor nutricional da farinha, já que indica teor mineral insuficiente.

Já a Farinha 3 apresentou média de 1,66%, com desvio padrão elevado (63,21%). Dois valores individuais (1,99% e 2,52%) ultrapassaram o limite máximo permitido (1,35%), configurando excesso de minerais. Essa condição pode comprometer a qualidade tecnológica da farinha e apontar falhas no processamento, possivelmente relacionadas à adição e homogeneização de ferro por parte do fabricante.

Diante disso, conclui-se que nenhuma das amostras analisadas atendeu integralmente aos critérios estabelecidos pela legislação brasileira quanto ao teor de cinzas, sendo todas classificadas como fora dos padrões regulamentares, com implicações diretas tanto para a saúde do consumidor quanto para o controle de qualidade industrial.

4.3- Análise de ferro nas amostras

Os resultados das análises de Fe nas amostras de farinhas de trigo estão apresentados na tabela 4. De acordo com a legislação vigente, as farinhas de trigo comercializadas no Brasil devem conter entre 4 mg e 9 mg de ferro por 100 g de farinha (Brasil, 2016).

Tabela 4: Resultados das análises de Fe (II) nas amostras investigadas.

Absorbância da amostra		Concentração	Quantidade obtida de Fe/100g de farinha de trigo
1A	0,165	0,85 mg/L	5,3 mg/100g
1B	0,155	0,80 mg/L	5 mg/100g
1C	0,127	0,66 mg/L	4,06 mg/100g
2A	0,108	0,56 mg/L	3,5 mg/100g
2B	0,152	0,78 mg/L	4,8 mg/100g
2C	0,122	0,63 mg/L	3,93 mg/100g
3A	0,150	0,77 mg/L	4,8 mg/100g
3B	0,396	2,02 mg/L	12,6 mg/100g
3C	0,167	0,86 mg/L	5,3 mg/100g

Tabela 5- Média das triplicatas para resultado final.

Amostras	Quantidade obtida de Fe/100g de farinha de trigo	Desvio padrão (%)
Amostra1	4,7 mg/100g	13,53
Amostra2	4,07 mg/100g	16,24
Amostra3	7,5 mg/100g	57,72

Os resultados das análises de ferro (Fe) apresentados nas Tabelas 4 e 5 mostram diferenças relevantes entre as amostras. A amostra 1 apresentou média de 4,7 mg/100 g, com desvio padrão de 13,53%, valor relativamente baixo e que indica uma boa precisão entre as triplicatas. Já a amostra 2 apresentou média de 4,07 mg/100 g e desvio padrão de 16,24%, também dentro de uma variação aceitável, ainda que ligeiramente superior à da amostra 1.

A amostra 3, por outro lado, apresentou um comportamento distinto, com média de 7,5 mg/100 g e desvio padrão muito elevado (57,72%). Esse valor de dispersão demonstra baixa homogeneidade entre as triplicatas, sendo influenciado principalmente pela subamostra 3B, que apresentou teor de ferro 12,6 mg/100 g, bem acima das demais replicatas (3A = 4,8 mg/100 g; 3C = 5,3 mg/100 g).

A legislação brasileira vigente (RDC nº 344/2002 da ANVISA) determina que as farinhas de trigo e milho devem ser fortificadas com ferro em níveis de 4,2 mg a 9,0 mg por 100 g de farinha. Nesse sentido, as amostras 1 e 2 encontram-se dentro da faixa estabelecida, apresentando resultados próximos ao limite inferior. A amostra 3 também se enquadra na média, mas o valor elevado obtido para a subamostra 3B ultrapassa o limite superior, indicando possível falha na etapa de fortificação.

A grande variabilidade observada na amostra 3 pode ser explicada pela má homogeneização do ferro durante o processo industrial de fortificação. A adição de sais de ferro à farinha requer mistura eficiente para garantir a distribuição uniforme do micronutriente, pois falhas nesse processo resultam em pontos de concentração elevados em determinadas porções do produto.

Essa situação é reconhecida pelo Ministério da Saúde, que destaca a necessidade de controle de qualidade rigoroso no processo de fortificação para assegurar a efetividade da medida como política pública de combate à anemia ferropriva.

Além disso, fatores relacionados ao preparo das amostras também podem ter contribuído para a dispersão observada, como erros de pesagem, digestão incompleta ou contaminação durante a análise. No entanto, a magnitude da diferença entre a subamostra 3B e as demais sugere que a hipótese industrial (falha na homogeneização) é a mais provável.

Dessa forma, pode-se concluir que, embora todas as amostras tenham apresentado médias compatíveis com a legislação, a amostra 3 evidencia um problema de uniformidade no teor de ferro, o que pode comprometer a garantia de consumo adequado pela população e reforça a necessidade de monitoramento contínuo da indústria moageira e da fiscalização oficial.

No entanto, alguns estudos relatam variabilidades significativas nos teores de ferro em farinhas comercializadas no Brasil, sugerindo possíveis falhas no processo de fortificação ou no controle desse micronutriente. Buzzo et al. (2012), ao analisar farinhas de trigo e milho comercializadas no Estado de São Paulo, observaram concentrações de ferro variando entre 1,0 e 11,7 mg/100 g nas amostras de trigo, evidenciando ausência de padronização e controle rigoroso por parte de determinados fabricantes. De forma semelhante, Lima e Assis (2017), ao investigarem amostras comerciais de farinha de trigo, encontraram valores de ferro acima dos

limites estabelecidos pela RDC nº 344/2002, variando entre 10,90 e 11,57 mg/100 g, o que reforça a existência de inconsistências nos processos de fortificação.

Por outro lado, diversos trabalhos assim como este têm demonstrado a eficácia da medida, apontando conformidade com os parâmetros legais e benefícios para a saúde pública. Alves et al. (2019), por exemplo, analisaram diferentes lotes de farinha de trigo fornecidos a uma padaria em Minas Gerais, utilizando espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Os autores verificaram que a maioria das amostras apresentava concentrações de ferro dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, com valores variando entre 4,8 mg e 7,2 mg/100 g, o que evidencia a efetividade da fortificação e a conformidade com a legislação vigente. Apenas uma das amostras apresentou teor inferior à média preconizada pela regulamentação (Alves et al., 2019).

De forma complementar, o relatório técnico da ANVISA, referente ao monitoramento realizado entre 2020 e 2021, identificou que, embora parte das amostras apresentasse irregularidades, cerca de 77% estavam em conformidade com os padrões exigidos. Entre os resultados positivos, destacam-se amostras com valores médios entre 6,1 mg e 8,3 mg/100 g de ferro, reforçando não apenas a efetividade da política pública de fortificação, mas também a importância da fiscalização contínua.

A ocorrência de falhas pontuais nas análises laboratoriais ou na adição do ferro durante o processamento pode comprometer os objetivos da política pública de fortificação, que visa à prevenção de carências nutricionais na população. Assim, torna-se imprescindível o fortalecimento dos mecanismos de controle de qualidade por parte da indústria alimentícia, bem como a atuação dos órgãos reguladores na garantia da eficácia das ações de fortificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a conformidade das farinhas de trigo fortificadas comercializadas em Itumbiara-GO em relação aos parâmetros estabelecidos pela Resolução RDC nº 344/2002 da ANVISA, no que tange aos teores de ferro e de cinzas. As análises laboratoriais, realizadas por espectroscopia de absorção molecular UV/VIS utilizando o método ferro-o-fenantrolina, demonstraram que todas as amostras apresentaram concentrações médias de ferro dentro dos limites legais, variando de 4,07 mg/100 g a 7,5 mg/100 g. Contudo, a elevada dispersão observada em uma das amostras (desvio-padrão de 57,72%) evidencia falhas no processo de homogeneização industrial, o que pode comprometer a uniformidade da fortificação e reduzir a efetividade da política pública de combate à anemia ferropriva.

No que se refere ao teor de cinzas, verificou-se que nenhuma das amostras estava em conformidade com os padrões definidos pela legislação vigente. Foram identificados resultados tanto abaixo do limite mínimo quanto acima do limite máximo permitido, o que sugere deficiência ou excesso de minerais. Essa não conformidade pode afetar negativamente o valor nutricional, a qualidade tecnológica e a segurança alimentar das farinhas analisadas.

Diante dos resultados, conclui-se que, embora a fortificação obrigatória das farinhas de trigo represente uma estratégia eficaz e necessária para a prevenção da deficiência de ferro na população brasileira, sua efetividade depende da aplicação rigorosa das normas técnicas e da fiscalização contínua dos processos industriais. A variabilidade observada reforça a necessidade de mecanismos de controle de qualidade mais eficientes, tanto no âmbito das indústrias quanto por parte dos órgãos reguladores.

Por fim, este estudo ressalta o papel fundamental da Química como ferramenta de promoção da saúde pública, ao possibilitar a avaliação crítica de produtos de largo consumo e contribuir para a garantia de alimentos seguros e nutricionalmente adequados. Além de cumprir seu propósito acadêmico, a pesquisa fomenta reflexões acerca da responsabilidade social da indústria alimentícia e da importância de políticas públicas bem estruturadas, monitoradas e efetivamente aplicadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Glaucia Pereira Lage; MARQUES, P. C.S.; LABANCA, R. A.; FERREIRA, C. A.R. Avaliação do teor de ferro em amostras de farinha de trigo fortificada. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 23–27, 2020. Disponível em: <https://revistacientifica.crfmng.emnuvens.com.br/crfmg/article/view/70>. Acesso em: 19 set. 2025.
- BRASIL - ANVISA - **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. “Relatório do grupo de trabalho da Anvisa para revisão da Resolução RDC n. 344/2002, que aprova o Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ácido fólico e Ferro”.
- BOEN, Thaís Rezende; SOEIRO, Bruno Thiago; PEREIRA FILHO, Edenir Rodrigues; LIMA-PALLONE, Juliana Azevedo. Avaliação do teor de ferro e zinco e composição centesimal de farinhas de trigo e milho enriquecidas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 525–531, dez. 2007.
- BORBA, Luciano de Souza; LIMA, Liliane Bezerra; SILVA, Glauciane Valeska; SALLES, Samuel Welton Eloy; BANDEIRA, Ana Rosa Galdino; LIMA, Salatiel Henrique Pereira. “Importância do ferro no corpo humano: uma revisão integrativa da literatura”. **Research Society and Development** 11(17):e151111738965, 2022.
- BORGES, Ana Carolina Carvalho; SILVA, Kariely Andrade; MORAIS, Cleiber Cintra; FERNANDES, Adriana dos Santos. “Determinação do ferro (II) em farinhas enriquecidas de trigo pelo método UV-VIS”. **Revista mirante**, 9, n. 2, dez. 2016.
- BUZZO M.L. et al. Monitoramento de farinha de trigo e de milho fortificadas com ferro. **Rev Inst Adolfo Lutz**. São Paulo, 71(4):645-9, 2012.
- BUZZO, Márcia Liane; CARVALHO, Maria de Fátima Henriques; TIGLEA Paulo; ARAUZ, Luciana Juncioni de; ARAKAKI, Edna Emy Kumagai; MATSUZAKI, Richard (2012). Monitoramento de farinha de trigo e de milho fortificadas com ferro. **Instituto Adolfo Lutz**. Disponível em: < <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2012/ses-27192/ses-27192-4037.pdf>. > Acesso em: 06 abr. 2025.
- CFQ. Resolução Normativa Nº 311, DE 21 DE SETEMBRO DE 2023.
- DUARTE, Hélio A. “ferro-um elemento químico estratégico que permeia história, economia e sociedade”. **Química Nova**, 42 (10), 2019.
- FANTINI, Ana Paula; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin; SOUZA, Miriam Coelho; MANSI, Débora Niero. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de Cisteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 405–411, jun. 2008.
- FERRATO, Eva Carolina. **Avaliação dos teores de umidade e cinzas de farinhas de trigo nacionais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO, Bauru, 2022. Disponível em: < <https://repositorio.unisagrado.edu.br/jspui/handle/handle/979>. > Acesso em: 03 mai. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. (p. 741 e 742).

LIMA, Flávia Érika de Almeida; ASSIS, Natália Castilho de. **Determinação do teor de ferro em amostras de farinha de trigo**. 2017. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: < <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16579>. > Acesso em 06 abr. 2025.

MS. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde; 2005. 236p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

NUNES, Maíza Pereira. “**Metabolismo do ferro e o impacto da anemia ferropriva à saúde humana**”. 2018. 62 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SATO, Ana Paula Sayuri; FUJIMORI, Elizabeth; SZARFARC, Sophia Cornbluth; BORGES, Ana Luiza Vilela; TSUNECHIRO, Maria Alice. “Consumo alimentar e ingestão de ferro de gestantes e mulheres em idade reprodutiva”. **Rev. Latino-Am. Enfermagem** 18 (2), 2010.

Silva, A. F. V. da; Laurintino, T. K. S.; Gomes, L. D. B. de Carvalho; Lima, R. D.; Ribeiro, D. S. Análise de diferentes marcas de farinhas de trigo: Teor de acidez, cor e cinzas. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 18-22, 2015.

SBP - SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Anemia carencial ferropriva**. Documento Científico. Departamento científico de nutrologia da sociedade brasileira de pediatria, 2007.

TEODORO, Julia Thayna Tavares. **Determinação de ferro e composição centesimal de farinhas de trigo e milho**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, 18 jun. 2018. Disponível em: < <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13277/2/ferrocomposicaotrigomilho.pdf>. > Acesso em: 20 mai. 2025.

UMBELINO, D. C.; ROSSI, E. A. Deficiência de Ferro: consequências biológicas e propostas de prevenção. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 2, p. 103-112, 2006.