



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



GABRIELA BRANCALIONE

**CARACTERIZAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES BIOFORTIFICADAS
DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*), DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E
DE BATATA DOCE (*Ipomoea batatas*) PARA A UTILIZAÇÃO COMO
FARINHA EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO**

Dissertação

Pato Branco, 2021.

GABRIELA BRANCALIONE

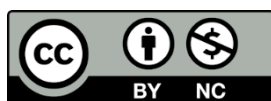
CARACTERIZAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES BIOFORTIFICADAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*), DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E DE BATATA DOCE (*Ipomoea batatas*) PARA UTILIZAÇÃO COMO FARINHA EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Characterization of new biofortified cultivars of beans (*Phaseolus vulgaris*), manioc (*Manihot esculenta*) and sweet potatoes (*Ipomoea potatoes*) for use as flour in bakery products

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Vanderlei Aparecido de Lima
Coorientador: Ornella Maria Porcu

PATO BRANCO

2021



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

Atribuição – Uso Não Comercial (CC BY-NC) - Permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra licenciada, sendo vedado o uso com fins comerciais. As novas obras devem conter menção ao autor nos créditos e também não podem ser usadas com fins comerciais. Porém as obras derivadas não precisam ser licenciadas sob os mesmos termos desta licença.

30/06/2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica
Federal do ParanáCampus
Pato Branco



GABRIELA BRANCALIONE

CARACTERIZAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES BIOFORTIFICADAS DE FEIJÃO (PHASEOLUS VULGARIS), DE MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA) E DE BATATA DOCE (IPOMOEA BATATAS) PARA A UTILIZAÇÃO COMO FARINHA EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos.

Data de aprovação: 30 de
Março de 2021

Prof Vanderlei Aparecido De Lima, Doutorado - Universidade

Tecnológica Federal do ParanáProf.a Maria Lurdes Felsner, Doutorado -

Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)Prof.a Simone Beux,

Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/06/2021.

*À minha mãe Marta Ines Cordasso
Brancaleone; a meu pai Egidio Luis
Brancaleone e a minha irmã Rafaela
Cristina Brancaleone, por todo o apoio,
amor, atenção, compreensão e presença
durante todos os momentos de minha
vida. A vocês minha eterna gratidão.*

*“A verdadeira viagem de descobrimento
não consiste em procurar novas
paisagens, mas em ter novos olhos.”*

Marcel Proust

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais Marta Inês Cordasso Brancalione e Egidio Luiz Brancalione e minha irmã Rafaela Cristina Brancalione pelo amor, carinho, apoio e compreensão e, por entenderem os vários momentos em que fiquei ausente. Do mesmo modo, agradeço a toda minha família por todas as orações.

À minha orientadora, professora Dra Ornella Maria Porcu (UTFPR, campus Medianeira), por sua orientação/coorientação, apoio e compreensão. E, pela colaboração na análise de carotenoides totais e realização das análises de FTIR, ferro, zinco e fósforo total.

A meu orientador, professor Dr Vanderlei Aparecido de Lima (UTFPR, campus Pato Branco), por sua orientação/coorientação e apoio compreensão. E, pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos meus orientadores Dra Ornella Maria Porcu e Dr Vanderlei Aparecido de Lima, a vocês agradeço imensamente, pois aprendi com os mesmos olhos a ver o mundo de uma nova maneira. Vocês foram além de excelentes profissionais, pessoas esplêndidas. A vocês minha eterna gratidão.

A meu amigo Henrique Muniz por sua ajuda nas análises laboratoriais e análise de vários dados ao decorrer de todo o trabalho.

Agradeço a meus amigos e colegas Jilvana Barbára Walter, Giulia Caroline, Francisnara Tonholi e Leticia Poggere por dividirem comigo cada instante dessa jornada.

Meus amigos Kauana Vailon e Renan Marré Biazatti, a vocês deixo aqui meu agradecimento especial.

Agradeço a Empresa Farmácia Salute, em especial as minhas colegas Katia Zago, Francisca Iorana Leal, Gabriela Tomazzini e Paola Almada por estarem sempre ao meu lado, e a Luiz Henrique Santos e Simone Vivian por ter me permitido flexibilidade nos horários.

A presente banca, professores Dra Marina Daltoé (UTFPR, campus Pato Branco) e Dra Maria Lourdes Feslner (UNICENTRO), pela disposição em participar deste momento.

E a todos os professores que fizeram já fizeram parte de minha trajetória, fica aqui o meu eterno agradecimento.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela possibilidade de realizar esta pós-graduação na área de Química de Alimentos, por todo suporte laboratorial que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

À Central de Análises (UTFPR, Câmpus Pato Branco) pela colaboração nas análises de MEV, DRX e Atividade de água.

À técnica laboratorial (UTFPR, campus Francisco Beltrão) pela colaboração na análise do perfil de textura instrumental.

Agradeço ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) pela doação dos novos e diferentes cultivares de grãos de feijão, mandioca e batata doce.

Ao professor Dr Paulo Paulo Rodrigo Stival Bittencourt (UTFPR, campus Medianeira), pela disponibilidade de seu laboratório e realização das análises de conteúdo energético das amostras selecionadas para estudo.

A Deus agradeço por ter colocado em vida todas as pessoas que fizeram e farão parte de minha trajetória. Obrigada por todas as bênçãos e proteção que tens destinado a mim.

Enfim, agradeço a todos os que eu não mencionei, mas que estiveram presentes por meio de sentimentos, palavras ou atitudes durante a realização deste trabalho.

RESUMO

BRANCALIONE, Gabriela. **Caracterização de novas cultivares biofortificadas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), de mandioca (*Manihot esculenta*) e de batata doce (*Ipomoea batatas*) para a utilização como farinha em produtos de panificação.** 2020. Dissertação - Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

O feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, mandioca (*Manihot esculenta*) e batata doce (*Ipomoea batatas* L. Lam), são plantas de grande importância sócio econômica, e seu cultivo é altamente difundido em todos os estados brasileiros. Na alimentação da população nacional, são complementos nutricionais importantes para as famílias de baixa renda, e integram-se ao hábito alimentar como estratégia de combate a fome oculta, pois são ricas em vitaminas e minerais. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar novos diferentes cultivares biofortificados de feijão (IPR Curió (FFC), BRS Paisano (FFP), Quero-quero IAPAR (FFQ), IPR Tuiuiú (FFT)), mandioca (BRS 396 (FM1), IAC 576-70 (FM2), IPR Upira (FM3), Pioneira IAPAR (FM4)), e batata-doce (IAPAR 69 (FBD)). E, ainda, a partir das farinhas oriundas destas leguminosas e tubérculos selecionar uma mistura das farinhas para elaborar um pão isento de glúten (Minipan) desenvolvido para fins alimentícios especiais aplicados a consumidores insulino não-dependentes e celíacos. As amostras foram recebidas do IAPAR e caracterizadas em relação às variáveis de atividade de água (A_w), umidade, minerais (Fe, Zn e P), cinzas, proteínas, lipídeos, cor (L^* , a^* , b^* , C^* , H^*), conteúdo de carotenoides totais, pH e acidez álcool solúvel. Foram ainda realizadas as análises instrumentais de Calorimetria (conteúdo energético), DRX, FTIR e MEV. A análise do teor de umidade mostrou que (FFC, FFP, FFQ, FFT, FM1, FM2, FM3, FM4 e FBD) estão de acordo com os padrões, estabelecidos pela Legislação Brasileira para farinhas, enquanto que, os valores encontrados para o teor de cinzas foram superiores destacando-se FFP (6,30%). Para FFT o teor de proteínas (22,54%, $p > 0,05$), o teor lipídico (2,51%, $p > 0,05$) e o conteúdo total de fósforo (412,33 mg100 g⁻¹) foram superiores às demais (FFC, FFP, FFQ). Entre todas as farinhas analisadas os teores de ferro e zinco foram maiores para FFP (7,90 e 2,35 mg100 g⁻¹, respectivamente). Como boa fonte de minerais (Fe, Zn e P) destacaram-se FFQ (7,64, 1,87 e 398,48 mg100 g⁻¹, respectivamente) e FFT (6,65, 1,93 e 412,33 mg100 g⁻¹, respectivamente), enquanto que, FM1 (5,52, 1,64 e 398,48 mg100 g⁻¹, respectivamente) e FBD (6,40, 0,95 e 188,50 mg100 g⁻¹, respectivamente) pelo relevante do conteúdo de carotenoides totais (6,70 e 17,83 µg g⁻¹, respectivamente) sendo selecionadas para adição em formulação do novo produto panificável denominado de Minipan. Duas formulações foram desenvolvidas: ((I) Controle e (II) Minipan). O pão controle corresponde à formulação que contém a máxima quantidade de farinha de trigo, enquanto que para a produção do pão Minipan foi utilizada uma mistura de farinhas de feijão (FFQ e FFT), mandioca (FM1) e batata doce (FBD), entre outros ingredientes. O Minipan apresentou cor de casca e miolo uniforme e a textura média de 144,80 N. Foi demonstrado que o Minipan desenvolvido com as farinhas de feijão, mandioca e batata-doce, considerando a quantidade de carotenoides majoritários presentes, incorporou um grau de compressão mais elevado (58%) quando comparado ao pão controle, o que pode ter sido ocasionado pelas fibras presentes (psyllium). Não se obteve evidências

relacionadas à fraturabilidade, porém valores consideráveis foram obtidos para adesividade. Houve redução nos parâmetros de elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, os quais proporcionaram ao Minipan características de boa estrutura e modelagem. Assim, as farinhas derivadas dos diferentes cultivares de feijão, mandioca e batata doce apresentaram qualidade nutricional relevante, diferenciando-se quanto a constituintes físico-químicos, porém, podem ser exploradas como matéria prima em formulações de novos produtos alimentícios de panificação tornando-se uma alternativa funcional e nutricional, em particular neste estudo, para pessoas celíacas e diabéticas insulino não-dependentes.

Palavras-chave: Cultivar, Propriedades físico-químicas, Tubérculos, Leguminosa, Panificação.

ABSTRACT

BRANCALIONE, Gabriela. Characterization of new biofortified cultivars of beans (*Phaseolus vulgaris*), manioc (*Manihot esculenta*) and sweet potatoes (*Ipomoea potatoes*) for use as flour in bakery products. 2020. Dissertation - Graduate Program in Chemical and Biochemical Process Technology at the Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2021.

Common beans (*Phaseolus vulgaris*), manioc (*Manihot esculenta*), and sweet potatoes (*Ipomoea potatoes* L. Lam) are plants of great social and economic importance, and their cultivation is prevalent in all Brazilian states. In the diet of the national population, they are essential nutritional supplements for low-income families. Beans are present in the food habit to fight hidden hunger, as they are rich in vitamins and minerals. In this context, the objective of this work was to characterize new different biofortified bean cultivars (IPR Curió (FFC), BRS Paisano (FFP), Quero-quero IAPAR (FFQ), IPR Tuiuiú (FFT)), cassava (BRS 396 (FM1), IAC 576-70 (FM2), IPR Upira (FM3), Pioneer IAPAR (FM4)) and sweet potato (IAPAR 69 (FBD)). From these legumes and tubers' flours, was selected a mixture of flours to make a gluten-free bread (Mini pan) developed for particular food purposes applied to non-dependent and celiac consumers. The samples were received from IAPAR and characterized concerning the variables of water activity (A_w), moisture, minerals (Fe, Zn, and P), ashes, proteins, lipids, color (L^* , a^* , b^* , C^* , H^*), total carotenoid content, pH and acidity soluble alcohol. Instrumental analyzes of Calorimetry (energy content), DRX, FTIR, SEM also were used. The moisture content analysis showed that (FFC, FFP, FFQ, FFT, FM1, FM2, FM3, FM4, and FBD) are following the standards established by the Brazilian Legislation for flour, while the values found for the ash contents were higher, standing out FFP (6,30 %). For FFT, the protein content (22,54 %, $p > 0,05$), the lipid contents (2,51 %, $p > 0,05$), and the total phosphorus contents (412,33 mg100 g⁻¹) were superior to the others (FFC, FFP, FFQ). Among all the flours analyzed, iron and zinc levels were higher for FFP (7,90 and 2,35 mg100 g⁻¹, respectively). As a good source of minerals (Fe, Zn, and P) stood out FFQ (7,64, 1,87 and 398,48 mg100 g⁻¹, respectively) and FFT (6,65, 1,93 and 412,33 mg.100 g⁻¹, respectively), while FM1 (5,52, 1,64 and 398,48 mg100 g⁻¹, respectively) and FBD (6,40, 0,95 and 188,50 mg100 g⁻¹, respectively) for the relevant content of total carotenoids (6,70 and 17,83 µg g⁻¹, respectively) selected for addition in the formulation of the new bakery product called Mini pan. Two formulations were developed: (I) Control, (II) Mini pan). Control bread corresponds to the formulation that contains the maximum amount of wheat flour, while for the production of Mini pan bread, a mixture of bean flours (FFQ and FFT), cassava (FM1), and sweet potatoes (FBD), among other ingredients, was used. The Minipan had a uniform peel and kernel color and an average texture of 144,80 N. It showed that the Mini pan developed with the flours of beans, cassava, and sweet potatoes, taking into account the titers of major carotenoids present, incorporated a degree higher compression (58 %) when compared to control bread, which may have been caused by the fibers present (psyllium). There was no evidence related to the fracture. We also observed considerable values for bread adhesiveness. There was a reduction in the parameters of elasticity, cohesiveness, gumminess, and chewability, which provided the Mini pan with good structure and modeling characteristics. Thus, the flours derived from different cultivars of beans, cassava,

and sweet potatoes showed relevant nutritional quality, differing in physicochemical constituents. However, they can be exploited as a raw material in formulations of new bakery food products, becoming a functional and nutritional alternative, in particular in this study, for non-dependent insulin-dependent celiac and diabetic people.

Keywords: Cultivar, Physicochemical properties, Tubers, Legumes, Bakery.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 ALIMENTOS BIOFORTIFICADOS	20
3.2 HISTÓRICO DO PROCESSO DE ALIMENTOS BIOFORTIFICADOS	21
3.3 FEIJÃO	22
3.4 FARINHA DE FEIJÃO	26
3.5 MANDIOCA	26
3.6 FARINHA DE MANDIOCA	28
3.7 BATATA-DOCE	29
3.8 FARINHA DE BATATA-DOCE	31
3.9 CULTIVARES BIOFORTIFICADOS	31
3.10 DOENÇA CELÍACA	36
3.11 INSULINO NÃO DEPENDENTES	38
3.12 CAROTENÓIDES	40
3.13 CLIVAGEM ENZIMÁTICA DO β -CAROTENO	41
3.14 FERRO	41
3.15 ZINCO	43
4. MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1 CODIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	45
4.2 PREPARO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E BATATA DOCE BIOFORTIFICADO	46
4.2.1 Amostras de Feijão Biofortificado	46
4.2.2 Processamento da Farinha de Feijão Biofortificado	46
4.2.3 Liofilização das amostras de mandioca e batata-doce	46
4.2.4 Processamento da Farinha de Mandioca e Batata-doce a partir das amostras liofilizadas	47
4.2.5 Parâmetros de composição nutricional	47
4.2.6 Determinação de acidez álcool-solúvel	48
4.2.7 Determinação do pH	48

4.2.8 Atividade de Água (Aw)	49
4.2.9 Coordenadas de Cor	49
4.2.10 Minerais	49
4.2.11 Carotenoides Totais.....	50
4.2.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	50
4.2.13 Difratomia de Raios X.....	50
4.2.14 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	50
4.2.15 Desenvolvimento do Produto Panificado: Formulação do Minipan.....	51
4.2.16 Perfil de textura instrumental do Minipan e pão controle	52
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 DETERMINAÇÃO DE CAROTENOIDES TOTAIS	64
5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS COORDENADAS DE COR	65
5.2.1 Coordenadas de cor instrumental das cultivares de feijão.	65
5.3 CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICO INSTRUMENTAL.....	68
5.3.1 Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	68
5.3.2 Difratomia de Raio X (DRX)	70
5.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para as Farinhas de feijão, Mandioca e Batata doce.....	73
5.4 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DO MINIPAN	76
5.4.1 Características físicas do Minipan: perfil de textura instrumental do minipan elaborado.	78
6. CONCLUSÃO	81
7. REFERÊNCIAS.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem característica dos grãos de cada cultivar de feijão biofortificado: (a) BRS Paisano; (b) Quero-quero IAPAR; (c) IPR Tuiuiú; (d) IPR Curió.....	33
Figura 2 - Imagem característica de cada cultivar de mandioca: (a) BRS 396; (b) IAC 576-70; (c) IPR Upira; (d) Pioneira IAPAR.. ..	35
Figura 3 - Imagem característica da cultivar de batata-doce: IAPAR 69.	36
Figura 4 - Caminho reacional e alterações intestinais provocadas pelo glúten no corpo humano.	37
Figura 5 - Exemplo de alimentos existentes no mercado destinados a celíacos e diabéticos	38
Figura 6 - Estrutura química de alguns carotenoides.. ..	40
Figura 7 - Clivagem simétrica do β -caroteno.....	41
Figura 8 – Imagem das farinhas obtidas de diferentes variedades de feijão: (a) IPR Curió; (b) BRS Paisano; (c) IPR Quero-quero; (d) IPR Tuiuiú.....	46
Figura 9 – Imagem das farinhas obtidas de diferentes variedades de mandioca: (a) BRS 396; (b) IAC 576-70; (c) IPR Upira; (d) Pioneira IAPAR e batata-doce: (e) IAPAR 69.....	47
Figura 10 - Análises físico-químicas resultantes para farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.....	53
Figura 11 - Análise centesimal e conteúdo energético para farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.....	56
Figura 12 - Composição mineral para farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.	59
Figura 13 - Dendrograma dos agrupamentos das farinhas de feijões, mandioca e batata doce. Destaque com linha vermelha pontilhada para nível de corte e para formação dos grupos.....	62
Figura 14 - Mapa de calor dos tipos de farinhas correlacionado com as respectivas variáveis respostas.....	63
Figura 15 - Projeção (A) das variáveis respostas e (B) das amostras de farinhas de feijão, mandioca e batata doce nos planos das componentes CP1 e CP2.	64
Figura 16 - Gráficos de coordenada de cor para grãos (GFC, GFP, GFQ e GFT) e farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT).	66

Figura 17 - Espectroscopia de Infravermelho com transformadas de Fourier (FTIR) das amostras de farinha de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT); farinha de mandioca (FM1, FM2, FM3, e FM4) e farinha de batata-doce (FBD).	69
Figura 18 - Difractometria de Raio X (DRX) das amostras de farinha de feijão ((A) FFC, FFP, FFQ e FFT); farinha de mandioca ((B) FM1, FM2, FM3, e FM4) e farinha de batata-doce ((C) FBD).	72
Figura 19 - Micrografia das farinhas de feijão: FFC (A), FFP (B), FFQ (C) e FFT (D) nos aumentos de 400x, 600x, 800x, respectivamente.	74
Figura 20 - Micrografia da farinha de mandioca: FM1 (A), FM2 (B), FM3 (C) e FM4 (D) nos aumentos de 400x, 600x, 800x e 1000x.....	75
Figura 21 - Micrografia da farinha de batata-doce nos aumentos de 400x, 600x, 800x e 1000x.....	76
Figura 22 - Fluxograma de processamento do produto (Minipan) e produto controle	77
Figura 23 - Amostras do pão controle e pão produto (Minipan): (A) pão produto (Minipan) antes de ser assado; (B) pão controle antes de ser assado e (C) pães produto (Minipan) e controle após assados.	78
Figura 24 – Curva resultante da análise de força máxima de compressão para o pão controle (A) e pão produto (Minipan) (B)..	80
Figura 25 – Análise de textura e teste de dupla compressão em amostra para o pão produto (Minipan) (A) e pão controle (B).	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas dos teores de ferro, zinco e de proteína total em grãos de cultivares de feijão avaliadas em 19 ambientes.	25
Tabela 2 - Composição nutricional de 100 g de raiz de mandioca crua.....	28
Tabela 3 - Composição nutricional de raiz de batata-doce crua (<i>in natura</i>)	30
Tabela 4 - Consumo de zinco segundo faixa etária da população.....	44
Tabela 5 - Designação adotada para as amostras de grão e farinhas estudadas	45
Tabela 6 - Ingredientes utilizados na formulação elaborada para a produção do Minipan.....	51
Tabela 7 – Teores resultantes de carotenoides das amostras de farinha de feijão, mandioca e batata-doce.....	65
Tabela 8 - Parâmetros da análise de textura resultante para o Minipan formulado ..	79

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o Feijão, a Mandioca e a Batata-doce têm grande importância nutricional, econômica e social. O feijão é um alimento de extrema relevância, sendo um coadjuvante no aporte calórico para populações de baixa renda, e um dos principais alimentos de fonte proteica, de carboidratos complexos, vitaminas, fibras e minerais. A mandioca exerce importante papel na dieta alimentar humana e animal, possuindo grande potencial de transformação em diversos itens de uso industrial e, a batata-doce por contribuir para o suprimento de calorias, vitaminas e minerais, possuindo importantes fontes de carotenoides, vitaminas do complexo B, potássio, ferro e cálcio.

A carência de micronutrientes e vitaminas na alimentação da população vem se tornando motivo de preocupação mundial e tornou-se questão de saúde pública, afetando bilhões de pessoas. Alguns dos componentes nutricionais do feijão, mandioca e batata-doce são indispensáveis na prevenção de doenças e para o crescimento e desenvolvimento de um indivíduo saudável. O ferro (Fe), por exemplo, é essencial para maturação sexual, fertilidade e também reprodução, sendo que sua carência pode interferir no desenvolvimento de crianças, gerando alterações no sistema de defesa do organismo, anemias severas, inflamações na pele, disfunções neurocomportamentais, como, alterações de humor, depressão e resultando na diminuição da capacidade de trabalho, e o zinco (Zn) participa como constituinte integral de proteínas ou cofator enzimático em mais de 300 reações químicas que envolvem a síntese e degradação de macromoléculas.

Visando diminuir a deficiência desses nutrientes, alguns métodos estratégicos foram adotados, como a *biofortificação*, feita a partir do melhoramento genético, a qual se caracteriza pelo aumento nutricional dos alimentos sem gerar alterações significativas, tornando-se desta maneira, uma das alternativas mais efetivas na diminuição da deficiência nutricional, principalmente de (Fe) e (Zn). Além disso, subprodutos como a farinha de feijão, mandioca e batata-doce, estão sendo cada vez mais procurados devido ao acréscimo de pessoas sendo diagnosticadas como celíacas e diabéticas, fazendo com que os produtos advindos desta farinha também se tornem um “objeto” de pesquisa ainda mais interessante, buscando a criação de produtos que além do seu valor nutricional, possuam valor agregado.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou a produção e caracterização de um alimento panificado (Minipan) a partir das farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce selecionadas, para que possuísse qualidade nutricional e funcional e que fosse destinado a pessoas com restrições alimentares como os celíacos e insulino não dependentes. Por outro lado, para trabalhos futuros há ainda a necessidade de se explorar com mais pesquisas a qualidade tecnológica do Minipan.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar novas e diferentes cultivares de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* L) e tubérculos (*Manihot esculenta* e *Ipomoea batatas* L. Lam.) biofortificados para a utilização como farinha em produtos alimentícios, para pessoas insulino não dependentes e celíacas.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os grãos e farinhas de feijão, bem como as farinhas oriundas de mandioca e batata-doce quanto as propriedades físico-químicas (umidade, cinzas, pH, acidez, proteína bruta, resíduo fixo mineral, carboidrato por diferença e conteúdo energético), constituintes minerais como ferro (Fe), zinco (Zn), fósforo total (P), concentração de carotenoides totais para quatro variedades diferentes de (i) feijão biofortificado ((IPR Curió (feijão carioca); BRS Paisano (feijão preto); IPR Quero-Quero (feijão carioca) e IPR Tuiuiu (feijão preto)); (ii) Mandioca biofortificada de quatro diferentes variedades (BRS 396; IAC 576-70; IPR Upira e Pioneira IAPAR); e (iii) Batata-doce biofortificada de uma única variedade (IAPAR 69);
- Caracterizar por MEV, colorimetria e difratometria de Raios X para todas as farinhas biofortificadas;
- Registrar espectros vibracionais na região de absorção do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para todas as farinhas biofortificadas;
- Avaliar estatisticamente quais farinhas se destacam em teor de nutrientes e propriedades funcionais para serem propostas como matéria prima no desenvolvimento de produtos de panificação;
- Preparar uma formulação a partir de farinhas oriundas das variedades de feijão, acrescentando quantidades fixas de farinhas de mandioca e de batata-doce selecionadas com base no maior teor de carotenoides totais;
- Efetuar um perfil de textura instrumental do novo produto desenvolvido, denominado Minipan (pão isento de gluten), considerando os parâmetros de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, resiliência e força de compressão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ALIMENTOS BIOFORTIFICADOS

Em torno de 2 bilhões de pessoas no mundo são acometidas por um problema mundialmente conhecido, denominado de fome oculta, e como proposta para combater esse problema foram inicialmente desenvolvidos os alimentos biofortificados (LOUREIRO et al., 2018)

Os alimentos biofortificados estão sendo utilizados como estratégias para gerar acréscimo no valor nutricional de alimentos, a partir do melhoramento genético e com a finalidade de atenuar os problemas relacionados à deficiência de micronutrientes. Tem por objetivo atingir o maior número de populações, colaborando com os demais sistemas de intervenção nutricionais existentes (RIOS et al., 2009).

Desta forma a biofortificação dos alimentos pode ser uma alternativa para complementar os programas de intervenção nutricional existentes, reduzindo os problemas de deficiência (LOUREIRO et al., 2018).

A Embrapa coordena projetos de biofortificação HarvestPlus, AgroSalud e BioFORT, que é a única no mundo onde se estuda, simultaneamente, a biofortificação de oito cultivos: arroz, feijão, batata doce, mandioca, milho, feijão *caupi*, trigo e abóbora. A estratégia atual para combater a desnutrição nos países em desenvolvimento tem como enfoque o fornecimento de suplementos vitamínicos e minerais para as populações carentes, além da fortificação de alimentos (NUTTI et al., 2010).

Segundo Rios et al. (2009), estudos demonstraram considerável aumento na variabilidade genética relacionadas ao milho, trigo, arroz, entre outras, para o conteúdo de minerais, especialmente ferro e zinco.

Além disso, maior concentração desses minerais nos grãos pode aumentar a produtividade das culturas em regiões com solos pobres em micronutrientes, o que pode assegurar a disseminação das culturas biofortificadas entre os produtores. Tão importante quanto o enriquecimento dos grãos com micronutrientes é a sua biodisponibilidade para os consumidores.

No mercado ainda existe restrições de produtos sem glúten e sem lactose com qualidade sensorial para indivíduos intolerantes, o que favorece uma alimentação muito restrita. Desse modo quando os indivíduos intolerantes buscam refeições fora de casa correm o risco de contaminação cruzada devido à insegurança alimentar e nutricional dos mesmos (SOUZA, 2017).

3.2.HISTÓRICO DO PROCESSO DE ALIMENTOS BIOFORTIFICADOS

A Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995 no seu art. 1º, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização no uso das técnicas de engenharia genética na construção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação e descarte de organismo geneticamente modificado, visando proteger a vida e a saúde do homem, dos animais e das plantas, bem como o meio ambiente (BRASIL, 1995).

Segundo a Resolução de diretoria colegiada – RDC Nº 344, de 13 de dezembro de 2002 (Publicada em DOU nº 244, de 18 de dezembro de 2002) considerando as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização Pan-americana da Saúde (OPAS) de fortificação de produtos alimentícios com ferro e ácido fólico; considerando as atribuições emanadas da Comissão Interinstitucional de Condução e Implementação das Ações de Fortificação de Farinhas de Trigo e Farinhas de Milho, coordenada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2002). O decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham, ou seja, produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis (BRASIL, 2003).

O Ministério da Saúde desenvolve, desde 2005, ações de prevenção e controle da anemia no Brasil com o Programa Nacional de Suplementação de Ferro (BRASIL, 2015). Em 17 de março de 2005, foi realizado em Brasília o Simpósio Biofortificação no Brasil: Agricultura para Prevenção de Deficiência de Micronutrientes, organizado pela Embrapa e pelo HarvestPlus. No evento, o então Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Rodrigues, apresentou o Projeto de Biofortificação para a sociedade brasileira.

Em 2008, foi proposto e aprovado o projeto BioFORT, Biofortificação no Brasil desenvolvendo produtos agrícolas mais nutritivos, com financiamento do Fundo de Pesquisa Embrapa. Portaria nº 1.793, de 11 de agosto de 2009 institui a comissão interinstitucional para implementação, acompanhamento e monitoramento das ações de fortificação de farinhas de trigo, de milho e de seus subprodutos (BRASIL, 2009).

Em 2011 a Organização Mundial da Saúde passou a recomendar a estratégia de fortificação dos alimentos com micronutrientes (adição de micronutrientes aos alimentos) (BRASIL, 2015). Lançada oficialmente em março de 2015, a Estratégia de Fortificação da Alimentação Infantil com Micronutrientes (vitaminas e minerais) em Pó – NutriSUS consiste na adição de uma mistura de vitaminas e minerais em pó em uma das refeições diárias oferecidas às crianças de 06-48 meses de idade. Os micronutrientes em pó são embalados individualmente na forma de sachês (1g).

A nova edição do Guia Alimentar para População Brasileira, publicada em 12 2014 formalizou essa abordagem no Brasil, colocando no centro da solução dos problemas alimentares a comida, a comensalidade e os modos de comer e produzir alimentos que resultam de um sistema alimentar sustentável e o fortalece.

A introdução de cultivos biofortificados, variedades melhoradas que apresentam maiores conteúdos de minerais e vitaminas, complementarás as intervenções em nutrição existentes e proporcionará uma maneira sustentável e de baixo custo no combate à desnutrição (CARVALHO; NUTTI, 2012).

3.3 FEIJÃO

O feijão comum, do gênero *Phaseolus*, e sua diversificação primária, tiveram origem nas Américas, porém o local preciso onde surgiu é ainda causa de controvérsia. Indícios arqueológicos da espécie descrita chegam a idades próximas de 10.000 anos (SINGH; GEPTS; DEBOUCK, 1991). No Brasil, existe certa dificuldade em desenvolver uma reconstituição da sua história regional, em função da falta de pesquisas com amostras arqueológicas locais (FREITAS, 2006).

Devido a grande diversidade de ambientes em que o feijão foi domesticado e cultivado, existe uma grande variabilidade de caracteres agrônômicos, como o seu habitat de crescimento, tamanho, cor de grãos e ciclo (SINGH; GEPTS; DEBOUCK, 1991).

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) é uma planta rústica, resistente a estresses hídricos e de ciclo curto de produção (55 a 90 dias, dependendo da variedade). O ciclo da cultura do feijão normalmente é completado em 70 a 110 dias, porém, esse valor pode variar conforme a cultivar e o clima em que está implantada a lavoura (BARBOSA et al., 2011). A chamada safra das águas ocorre entre agosto-outubro (semeadura) e novembro-março (colheita); safra da seca (safrinha) ocorre entre janeiro-abril (semeadura) e abril-julho (colheita) e a safra de inverno que ocorre entre

maio-junho (semeadura) e agosto-outubro (colheita) (CONAB, 2019). Ribeiro (2010) relacionou que existem alterações químicas na composição de minerais, aminoácidos e de fibra alimentar, que podem ser desencadeadas nos grãos de feijão e observadas no germoplasma a partir do seu local de plantio (localização geográfica), às alterações edáficas (tipo de solo, textura, fertilidade, pH, matéria orgânica, entre outros) e as modificações climáticas (temperatura, precipitação, radiação, entre outros).

O feijão, com o decorrer dos anos, tornou-se a principal leguminosa fornecedora de proteínas para grande parte da população. O consumo do produto, em média, por pessoa, chega a 19 quilos por ano, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas (principalmente as do complexo B), minerais, como ferro, cálcio, magnésio, fósforo e zinco, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante, que podem reduzir a incidência de doenças (SILVA; ROCHA; BRAZACA, 2009)

Fazendo parte de uma cultura de grande importância socioeconômica, sendo sua produção vastamente difundida em todo território nacional, o Brasil ocupa o lugar de terceiro maior produtor mundial, pois poucos países produzem visando o comércio externo. Contudo, para perfazer as necessidades relacionadas à demanda interna, o Brasil importa cerca de 150 mil toneladas/ano, sendo a maioria de feijão comum preto proveniente da Argentina (CONAB, 2019). Ainda, segundo a CONAB, (2019), nos últimos quatro anos, a produção média de feijão, nos países que formam o MERCOSUL, alcançou 3,6 milhões de toneladas, sendo o Brasil o principal produtor, ficando em torno de 3,1 milhões de toneladas anuais; seguido da Argentina, com 350 mil toneladas; Paraguai, com 56 mil toneladas; e Uruguai, com 3,5 mil toneladas. Além de produtor, o Brasil se destaca também como consumidor, com atuação excedente a 90%. Para 2020, a estimativa de produção (grãos) para a 1ª safra, é de 1 414 848 toneladas; 2ª safra: 1 086 185 toneladas; e 3ª safra: 498 039 toneladas (IBGE, 2020).

O feijão comum é considerado uma importante fonte proteica, fazendo parte da dieta de uma enorme parcela da população mundial, destacando os países onde o consumo de proteína animal é limitado por razões econômicas, religiosas ou culturais, além de auxiliar no aporte calórico deste grupo social (BASSANI, 2017).

A alimentação tornou-se um dos temas mais debatidos na atualidade, ganhando destaque no contexto mundial, focando na prevenção de doenças e

utilizando como método profilático uma dieta saudável. Os danos que a alimentação inadequada pode provocar em longo prazo são preocupantes, fato este que gerou uma mobilização efetiva na população e das políticas públicas, fazendo com que o feijão se tornasse um alimento de referência principalmente por possuir um alto valor nutricional (SICHIERI, 2013).

O feijão possui diversos nutrientes que são essenciais para uma alimentação saudável, porém, grande parte das leguminosas possuem os antinutrientes (BASSANI, 2017) que reduzem o seu valor nutritivo, interferindo na digestão e causando reações fisiológicas adversas como gases, estufamento e cólicas abdominais. Os compostos responsáveis por determinadas reações são: os fitatos; inibidores de protease; polifenóis (taninos) e inibidores da α -amilase, provocando a redução da atividade de algumas enzimas, da ação biológica de diversos compostos químicos e da absorção de metabólitos (PINTO, 2016). Em contrapartida, os compostos antinutricionais não manifestam consequências na nutrição, pois são termolábeis; assim, são comumente destruídas durante o preparo após, na prática de deixar o feijão de molho à temperatura ambiente (OJIMELUKEW; ONUOHA; OBANU, 1995), onde os grãos ficam por um período de 12 a 16 horas “submersos” em água, o que gera a remoção de parte dos seus compostos fítics, diminuindo a concentração de substâncias que provocam indigestão e gases (OLIVEIRA et al., 2001).

Estudos epidemiológicos tem associado o consumo de feijão com a redução do risco de doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes tipo II e determinados tipos de câncer (DUEÑAS et al., 2015), se tornando um grande desafio para as políticas de saúde pública quando nos referimos à alimentação saudável (SICHIERI, 2013).

A biofortificação tem se tornado uma alternativa de diminuir os altos índices de deficiência dos macronutrientes, como ferro e zinco. Dessa forma a biofortificação têm sido aplicada em programas de intervenção nutricional, reduzindo os problemas de deficiências, que podem trazer consequências negativas para a saúde humana (RIOS et al., 2009).

Pereira et al. (2018), relacionaram a necessidade de biofortificar o feijão com ferro e zinco, sendo estes os minerais essenciais presentes na formação da hemoglobina, ressaltando que sua carência pode gerar quadros de anemia ferropriva, estimando-se que em média 17,3% da população mundial sofram com a

carência desses minerais. Além de serem responsáveis na formação da hemoglobina, vale ressaltar também que são componentes catalíticos essenciais em aproximadamente 80 classes de enzimas distintas, participam da maturação sexual e no desenvolvimento correto do Sistema Nervoso Central (SNC).

Pereira et al. (2018), que são engenheiros agrônomos da Embrapa, desenvolveram estudos relacionados com 26 cultivares de feijão em vários estados brasileiros mostrando a variação genética nos grãos com relação ao teor de ferro, zinco e proteínas (Tabela 1).

Tabela 1. Medidas dos teores de ferro, zinco e de proteína (mg/kg) total em grãos de 26 cultivares de feijão avaliadas em 19 ambientes.

Genótipo	Grão	Origem	TFe	TZn	TPt
<i>BRS Cometa</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	64,2 a	30,7 a	26,0 a
<i>BRS Sublime</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	63,4 a	30,9 a	25,6 a
<i>BRS FC402</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	61,8 a	30,8 a	26,7 a
<i>BRSMG</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa *</i>	60,6 b	30,7 a	24,7 b
<i>Madrepérola</i>					
<i>BRS Ametista</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	59,7 b	29,2 b	25,6 a
<i>IAC Alvorada</i>	<i>Carioca</i>	<i>IAC **</i>	59,3 b	30,0b	26,3 a
<i>BRS Requite</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	59,2 b	29,3 b	26,5 a
<i>Peróla</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	59, 1 b	28,8 c	24,4 b
<i>BRS Pontal</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	59,0 b	29,1 c	26,0 a
<i>IPR Tangará</i>	<i>Carioca</i>	<i>Iapar</i>	58,9 b	30,1 b	25,1 b
<i>IAPAR 81</i>	<i>Carioca</i>	<i>Iapar</i>	58,8 b	28,8 c	24,9 b
<i>IAC Formoso</i>	<i>Carioca</i>	<i>IAC</i>	58,6 b	27,9 c	25,4 a
<i>BRS Notável</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	57,7 b	28,3 c	24,7 b
<i>IPR 139</i>	<i>Carioca</i>	<i>Iapar</i>	57,5 b	28,6 c	25,7 a
<i>BRS Estilo</i>	<i>Carioca</i>	<i>Embrapa</i>	51,9 c	28,7 c	25,2 a
<i>BRS Marfim</i>	<i>Mulatinho</i>	<i>Embrapa</i>	62,2 a	30,0 b	24,0 b
<i>BRS Agreste</i>	<i>Mulatinho</i>	<i>Embrapa</i>	60,3 b	28,2 c	24,8 b
<i>BRS Supremo</i>	<i>Preto</i>	<i>Embrapa</i>	64,4 a	31,7 a	25,6 a
<i>BRS</i>	<i>Preto</i>	<i>Embrapa</i>	61,5 a	30,6 a	24,9 b
<i>Esplendor</i>					
<i>IAC Diplomata</i>	<i>Preto</i>	<i>IAC</i>	60,7 b	27,7 c	26,7 a
<i>IAC Una</i>	<i>Preto</i>	<i>IAC</i>	60,5 b	28,1 c	25,8 a
<i>IPR Uirapuru</i>	<i>Preto</i>	<i>Iapar</i>	60,4 b	28,5 c	24,0 b
<i>BRS Esteio</i>	<i>Preto</i>	<i>Embrapa</i>	59,4 b	28,8 c	23,8 b
<i>BRS Tuiuiú</i>	<i>Preto</i>	<i>Iapar</i>	58,5 b	29,9 b	23,4 b
<i>BRS Campeiro</i>	<i>Preto</i>	<i>Embrapa</i>	58,0 b	28,8 c	25,8 a
<i>BRS FP403</i>	<i>Preto</i>	<i>Embrapa</i>	57,9 b	28,7 c	24,6 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott, a 10% de probabilidade. *Convênio Embrapa/Epamig/ Universidade Federal de Lavras/Universidade Federal de Viçosa. **Instituto Agrônômico de Campinas.

Fonte: Pereira et al., (2018).

O feijão possui grande potencial para ser biofortificado para altos teores de ferro e de zinco nos grãos, pois já apresenta teores relativamente elevados desses nutrientes (PEREIRA et al., 2018).

Dentre os mais recentes cultivares desenvolvidos pela Embrapa para essa finalidade se encontram as variedades de feijão biofortificado selecionadas para o estudo proposto neste projeto.

3.4 FARINHA DE FEIJÃO

O feijão é uma leguminosa de extrema importância para a manutenção da saúde, e devido ao seu elevado valor proteico, muitas vezes acaba sendo um alimento consumido no lugar das carnes. O fato de não haver um grande número de estudos que relacionam produtos advindos do feijão, torna-o um “objeto” de pesquisa ainda mais interessante, buscando a criação de produtos que além do seu valor nutricional, possuam valor agregado (XAVIER, 2013).

Bassinello et al. (2012), explicaram que durante o processo de beneficiamento do feijão, ocorre à formação de um subproduto advindo da quebra da semente que posteriormente pode ser moído e transformado em farinha.

Lima et al. (2013), desenvolveram uma pesquisa para obtenção da farinha do feijão *caupi* de coloração branca desenvolvido no Nordeste, mostrando os resultados de cinco cultivares de feijão, apresentando os valores proteicos de cada um, sendo: 23,36% e 26,70% para o cultivar BRS Tracuateua e cultivar BRS Tumucumaque, respectivamente, que apresenta o dobro da concentração de proteína encontrada na farinha de trigo (13,26%).

Segundo a nutricionista Zanin (2021), a farinha de feijão branco auxilia na redução do colesterol e na perda de peso, fatos estes justificados pela grande presença de faseolamina. Para que a farinha mantenha essa propriedade, ela deve ser produzida a partir do feijão cru e sem aquecimento. A importância da secagem do feijão e a obtenção de sua farinha se tornou uma importante alternativa para haver a diversificação de seu uso (BORGES et al., 2018). São tantos os benefícios da faseolamina, que merecem ser citados: auxiliar na redução de peso e da fome; melhorar o funcionamento do intestino, reduzir o colesterol, controlar a diabetes e, não irritar o intestino por não conter glúten (ZANIN, 2021).

3.5 MANDIOCA

A mandioca é uma planta que pertence à família *Euphorbiaceae* e apresenta ciclo de desenvolvimento composto por 5 (cinco) fases, sendo quatro delas ativas e uma de repouso vegetativo.

- Primeira fase: chamada de brotação da maniva (folhas da mandioca) é onde surgem as primeiras raízes fibrosas em torno do sétimo dia de plantio, desde que, esta fase esteja em condições favoráveis de umidade e temperatura;
- Segunda fase: tem duração de mais ou menos 70 dias, e é onde ocorre o sistema radicular;
- Terceira fase: com aproximadamente 90 dias ocorre o desenvolvimento da parte aérea, ocorrendo também o espessamento de algumas raízes fibrosas pelo acúmulo de amido;
- Quarta fase: ocorre o espessamento das raízes de reserva. Nesse período já não ocorre mais crescimento das raízes em comprimento;
- Quinta fase: chamada também de fase de repouso, a planta perde a folhagem, finalizando a sua atividade vegetativa. Nesta fase a planta de mandioca armazena reserva de amido nas raízes (FENIMAN, 2004).

De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros (CARDOSO et al., 2012), em algumas regiões do mundo como em Gana e na Nigéria (África), e em algumas ilhas da Indonésia (Ásia), sendo que mais de 70% das calorias consumidas diariamente pela população vêm da mandioca (NASSAR, 2006). Na maioria das regiões do Brasil, o plantio da mandioca é realizado no início da estação chuvosa (MATTOS; CARDOSO, 2003).

O maior produtor mundial da mandioca é o continente africano, em uma área colhida de 10.804.484 hectares (ha), onde se tem uma produção de 91.451.289 toneladas (t) e um rendimento de 8,46 (t/ha). Em destaque estão a Nigéria e a República Democrática do Congo, que contribuem com quase metade da produção do continente (OTSUBO; LORENZI, 2002). O Brasil é o quarto maior produtor mundial, sendo que na safra de 2014 foram colhidos 23.439.614 t de raízes em uma área de 1.592.091 t ha⁻¹ (TIRONI et al., 2014).

A parte mais importante da mandioca é a raiz, que pode ser utilizada *in natura*, e tem como subprodutos a farinha seca, d'água e mista, a goma ou fécula, o tucupi e a farinha de tapioca (BEZERRA, 2006), podendo ser classificada como mandioca de mesa e mandioca para indústria. A mandioca de mesa é comercializada *in natura*, pré-cozida ou congelada, já a mandioca para indústria tem diversas finalidades de uso, sendo a farinha e a fécula as consideradas mais importantes (TIRONI et

al.,2014). A Tabela 2 apresenta composição nutricional da mandioca *in natura* ou crua.

Tabela 2. Composição nutricional de 100 g de raiz de mandioca crua.

Componentes	Quantidade (100 g)	
Energia	151 (Kcal)	634 (KJ)
Umidade	61,8	(g)
Proteína	1,1	(g)
Lipídeos	0,3	(g)
Carboidratos	36,2	(g)
Fibra alimentar	1,9	(g)
Cinzas	0,6	(g)
Cálcio	15	(mg)
Magnésio	44	(mg)
Ferro	0,3	(mg)
Zinco	0,2	(mg)
Vitamina C	16,5	(mg)
Piridoxina	0,04	(mg)

Fonte: TACO (2006).

O processamento industrial da mandioca está relacionado com a fabricação de farinha e à extração da fécula (amido) (FERREIRA et al., 2007). O amido (independentemente de sua origem) é tradicionalmente empregado na indústria alimentícia (CARDOSO; SOUZA, 2000).

3.6 FARINHA DE MANDIOCA

Segundo Carvalho (2018), os produtos biofortificados se sobressaem por apresentarem um melhor conteúdo de vitaminas e minerais, estando relacionados ao combate da desnutrição das populações mais necessitadas de todo país. “Na Rede de Biofortificação da Embrapa, vários cultivos estão sendo melhorados para aumentar os teores de ferro e de zinco (em arroz, feijão, milho, trigo e feijão caupi) e de carotenoides (mandioca, batata doce e abóbora)”. É durante seu processamento que são desenvolvidos estudos sobre a biosponibilidade dos seus nutrientes até a

análise sensorial do produto desenvolvido, como pães, bolos, biscoitos, macarrão e farinhas instantâneas.

O principal subproduto advindo da mandioca é a farinha de mandioca, abrangendo em trono de 70 a 80% da produção mundial da raiz, pois segundo Lima (1982), a farinha de mandioca elaborada no Brasil é destinada em elevada escala ao comércio interno.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de acordo com a Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995, estabelece como farinha de mandioca, o produto advindo de raízes provenientes de plantas da família *Euforbiácea*, gênero *Manihot*, submetidas a processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento.

A farinha de mandioca vem sendo consumida e incluída nas refeições diárias de diversas formas pelos brasileiros, principalmente dos estados do Norte e Nordeste, a qual se tornou um dos símbolos da cultura popular brasileira. Pode ser produzida de forma artesanal, ou industrial, porém, independente do seu método de fabricação o produto final deve ter boa qualidade e sempre estar relacionado aos parâmetros exigidos pela legislação (ALVARES, 2014).

3.7 BATATA-DOCE

A batata-doce pertence à família *Convolvulaceae*, do gênero *Ipomoea* e espécie *Ipomoea batatas L. Lam*, com aproximadamente 50 gêneros e mais de 1.000 espécies, podendo apresentar dois tipos de raízes: a de reserva e/ou tuberosa (SILVA, 2010).

A batata-doce é produzida em todas as regiões brasileiras, sendo que os estados de maior produção são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Bahia e Paraná. A nível mundial os maiores produtores são a China, Indonésia, Índia e o Japão. É um alimento rico em carboidratos complexos, com baixo índice glicêmico que ao serem digeridos, são absorvidos lentamente pelo organismo, e assim estimulam pouca liberação de insulina, e dessa forma diminui o risco de diabetes, obesidade, controlando também o apetite (OLIVEIRA et al., 2016).

As raízes apresentam vários formatos, entre eles: redondo, oblongo, fusiforme ou alongado, podendo apresentar também veias e dobras, com casca lisa ou rugosa. Seu formato não tem importância para a indústria, porém deve-se observar que os tipos de solo podem afetá-lo diretamente, sendo que a cultura se adapta

melhor em solos de textura média e arenosa, leves, soltos e arejados (*Brazilian Association of nutrology*, 2013)

A cor da casca e da polpa de batata-doce apresenta-se bem variável, com cores que vão do branco, salmão, creme, amarelo, chegando até ao roxo. A escolha da cor depende da preferência do mercado (*Brazilian Association of nutrology*, 2013).

Na alimentação humana a batata-doce contribui para o suprimento de calorias, vitaminas e minerais, com teor de carboidratos variando de 25 a 30% (Tabela 3).

Tabela 3. Composição nutricional de raiz de batata-doce crua (*in natura*).

Componentes	Quantidades (100 g)	
Água	75,8	(g)
Calorias	102	(Kcal)
Fibras digeríveis	1,1	(g)
Potássio	295	(mg)
Sódio	43	(mg)
Magnésio	10	(mg)
Zinco	0,35	(mg)
Cobre	0,28	(mg)
Vitamina A (Retinol)	0,2	(mg)
Vitamina B (Tiamina)	300	(mg)
Vitamina B2 (Riboflavina)	96	(mg)
Vitamina C (Ácido ascórbico)	55	(mg)
Vitamina B5 (Niacina)	30	(mg)

Fonte: TACO (2006).

Camargo (2018), concluiu em sua pesquisa que a batata doce e seus derivados apresentam boa disponibilidade de carotenoides pro-vitamínicos A, podendo ser utilizado em conjunto com os demais programas no combate a hipovitaminose A.

Marangoni Júnior (2017), relatou que a batata doce está presente no mercado de chips e snacks e a demanda comercial vem crescendo cada vez mais, principalmente nos centros urbanos.

São diversas as aplicações em que a batata-doce pode ser empregada, como culinária doméstica, na confecção de pratos doces e salgados, na indústria onde são utilizados para fabricação de doces enlatados, na confeitaria e sua fécula. Pode ser utilizada também na alimentação animal como ração; na sua forma natural como farinha seca, e na produção de etanol (OLIVEIRA et al., 2016).

3.8 FARINHA DE BATATA-DOCE

Há várias décadas vem se discutindo e estudando os benefícios da farinha de batata-doce. No ano de 1981, Carvalho e colaboradores, publicaram um estudo sobre o “Processo de obtenção de farinha de batata-doce”, produzida a partir do mesmo processo que a mandioca, os resultados mostraram que a farinha possui um alto teor nutricional de carboidratos, proteínas e açúcares, bem como alto teor de β -caroteno (precursor da vitamina A) (RODRIGUES-AMAYA et al., 2008; van JAARSVELD et al., 2006).

Devido a todas as características nutricionais apresentadas pela farinha de batata-doce, ela traz vastos benefícios para a saúde humana, promovendo melhoras na imunidade, redução de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração muscular (RODRIGUES-AMAYA et al., 2008; van JAARSVELD et al., 2006).

A farinha de batata-doce pode ser utilizada de forma parcial em substituição à farinha de trigo, na elaboração de bolos, biscoitos e outros produtos utilizados em alimentação escolar e de apoio materno-infantil (RODRIGUES-AMAYA et al., 2011).

3.9 CULTIVARES BIOFORTIFICADOS

O IAPAR apresentou em 2015 no Show Rural em Cascavel alguns cultivares de feijão carioca, e dentre eles, uma das novidades, foi o feijão da cultivar IPR Curió (Figura 1(a)). Este tem destaque por sua precocidade de produção, com ciclo de aproximadamente 70 dias e com indicação de cultivo para o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, por apresentar boa adaptação quando submetido a condições de seca e elevada temperatura no

decorrer do seu estágio de reprodução, desenvolvendo-se eficientemente em locais de solos ácidos e com pouca disponibilidade de fósforo.

O feijão preto BRS Paisano (Figura 1 (b)) é um dos mais recentes lançamentos da Embrapa em biortificação. O cruzamento que deu origem ao feijão preto, cultivar BRS Paisano, foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas, localizada no município de Capão do Leão/RS, no inverno de 1994 (EMBRAPA, 2018). No mês de maio quando aconteceu a 18ª edição da Expoagro Afubra em Rio Pardo/RS, a Embrapa apresentou o feijão preto BRS Paisano com as qualidades de ser uma produção estável, com destaque em cultivos orgânicos e facilmente adaptável aos climas desfavoráveis relata Barros (EMBRAPA, 2018).

As características da semente da cultivar BRS Paisano são cor preta, forma oblonga/reniforme curta, grau de achatamento (semicheia), brilho opaco, apresentando teor de 19,4% de proteína bruta (Figura 1(b)) (ANTUNES et al., 2017)

Outro destaque em biofortificação é o feijão carioca (Figura 1(c)) cultivar Quero-Quero da IAPAR (IAPAR, 2017) que foi lançado em 2016 e possui importantes propriedades nutricionais, sendo constituído de 50% de ferro a mais que os feijões tradicionais, com uma proporção de 9 mg de ferro para cada 100 g de feijão. Além do ferro, possui ainda zinco, sendo que cada 100 g de feijão possui 4 mg de zinco e aproximadamente 25% de proteínas.

A cultivar de feijão IPR Tuiuiú (Figura 1(d)), faz parte do grupo comercial “preto”, desenvolvida pelo IAPAR, e que apresenta alto potencial de rendimento e ampla adaptação. Surgiu a partir da junção entre as cultivares IPR Uirapuru e Xamego, em virtude do seu alto potencial de rendimento, estabilidade de produção, e valor nutricional dos grãos, apresentando em média 24% de teor proteico, 7 mg de Ferro e 4 mg de Zinco. Por ser uma cultivar com vastas qualidades tecnológicas, foi submetida à proteção no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC/MAPA) e registrada para cultivo no Registro Nacional de Cultivares (RNC/MAPA) em 26 de maio de 2010, sob o N.º. 26.958 (IAPAR, 2010).

Figura 1. Imagem característica dos grãos de cada cultivar de feijão biofortificado: (a) IPR Curió; (b) BRS Paisano; (c) Quero-quero IAPAR IPR Tuiuiú; (d) IPR Tuiuiú.



A carência de micronutrientes específicos como zinco, vitamina A e ferro, se tornaram problema de saúde pública (LANZETTA, 2015), e, segundo Sichieri (2013) o enriquecimento das farinhas disponibilizadas para o Ministério da Saúde tiveram um impacto positivo com redução da prevalência da inadequação desses nutrientes na alimentação e no Brasil existe liberação por lei desde 2004.

Devido aos altos níveis de anemia ferropriva, com foco em gestantes e crianças, e aumento considerável nos casos de anemia megaloblástica e alterações no tubo neural (ou espinha bífida), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em 2002, criou uma RDC 344, de 13 de dezembro, que está em vigor desde ano de 2004, determinando a adição obrigatória de 4,2 mg de Fe e de 150 µg de ácido fólico nas farinhas de trigo e de milho (a cada 100 g). Todas as farinhas produzidas no Brasil ou importadas devem ser biofortificadas segundo a resolução da ANVISA, exceto a farinha de biju ou obtida por maceração e farinha de trigo integral, devido à limitação no processamento tecnológico (BRASIL, 2002).

O Programa de Melhoramento Genético de Mandioca da Embrapa Cerrados (Planaltina, DF) está direcionado à geração de cultivares de mesa com elevada produtividade de raízes (EMBRAPA, 2014), o qual desenvolveu a cultivar de

mandioca de mesa BRS 396 (Figura 2(a)), possuindo polpa amarela e desenvolvida para atender as especificações de solo e climáticas do Paraná e Mato Grosso do Sul. Trata-se de uma cultivar de mesa, que possui um período de colheita que varia de 7 (sete) a 12 (doze) meses após o plantio, atingindo produtividade de até 50 toneladas por hectare (EMBRAPA, 2015). Possuindo alto potencial de produção e reduzido tempo de cozimento com média de 30 (trinta) minutos, tornando-a excelente para a culinária popular (EMBRAPA 2014)

Outra variedade de mandioca lançada foi “IAC 576-70 (Figura 2(b)), que é resultado do cruzamento das variedades IAC 17-18, de raiz branca, com a SRT 797 ou Ouro do Vale, de raiz amarela.” O desenvolvimento da mandioca IAC 576-70, deu-se a partir da busca por uma cultivar que obtivesse elevado desempenho agrícola, alta produtividade e resistência a doenças que levou à busca pelo desenvolvimento através desse cruzamento (HATAMOTO, 2012).

Segundo Otsubo; Lorenzi (2002), a cultivar IAC 576-70, é a principal mandioca de mesa plantada no Estado de São Paulo, ocupando cerca de 90% de área, por possuir raízes com elevadas qualidades culinárias.

Esta mesma variedade apresenta como características, raízes de cor marrom, lisa e de forma cilíndrica, feloderma e polpa de coloração creme, adquirindo cor amarela após cozimento (LORENZI et al., 1996). Por ser uma variedade com alto teor de carotenoides e de fácil cozimento, a IAC 576-70 tornou-se campeã de produção, fazendo parte da alimentação de grande parte da população, principalmente Paulista (OTSUBO; LORENZI, 2002).

A variedade de mandioca IPR UPIRA (Figura 2(c)), foi desenvolvida pelo IAPAR, visando à possibilidade de aproveitar melhor os diferentes períodos do ano onde o produto possuía sua oferta reduzida nos mercados. Possuindo teores elevados de carotenoides, até seu completo desenvolvimento, passou-se 12 anos de pesquisa, em busca também de uma variedade que possuísse para a dona de casa, um cozimento rápido e um alimento com aspecto macio. É uma variedade que possibilita o melhor aproveitamento nos diferentes períodos do ano, onde existe falta na demanda do produto. Sua colheita pode ser mais tardia, por volta dos 15 ou 17 meses, que mesmo assim suas características serão mantidas, e mantendo um excelente cozimento (PIMENTEL, 2012).

Figura 2. Imagem característica de cada cultivar de mandioca: (a) BRS 396; (b) IAC 576-70; (c) IPR Upira; (d) Pioneira IAPAR.



(a) cv BRS 396
Fonte: Fabiano Bastos (Embrapa).



(b) cv IAC 576-70
Fonte: Secretaria da Agricultura e Abastecimento.



(c) cv IPR Upira
Fonte: IAPAR.



(a) cv Pioneira IAPAR
Fonte: IAPAR.

Segundo o folheto informativo disponibilizado pelo Instituto Agrônomo no Paraná, referindo-se a variedade de mandioca Pioneira IAPAR (Figura 2(d)), destaca-se das demais cultivares no Brasil pelas suas qualidades e características culinárias. É uma variedade mansa, de fácil cozimento e que pode ser consumida durante o ano todo. Apresenta quando crua coloração amarela claro, e após cozida, amarelo mais intenso. Nas condições do Norte do Paraná, tem apresentado produtividade em torno de 20 toneladas/hectare ao completar o 1º- ciclo (9 a 12 meses). Tais valores, contudo podem variar para outras regiões do país, em função das diferentes condições de clima e solo.

Dentro da classe dos alimentos biofortificados, ainda temos a batata-doce da variedade IAPAR 69 (Figura 3), a qual foi desenvolvida visando atender as necessidades da população relacionadas ao custo e a sua composição rica em nutrientes. Dentre suas características, podemos citar sua consistência úmida quando assada e sua cor alaranjada que evidencia presença elevada no teor de carotenoides, podendo ser comparado ao da cenoura. Produz até 35 a 40 toneladas por hectares de raízes e ramas.

Figura 3. Imagem característica da cultivar de batata-doce: IAPAR 69.



cv IAPAR 69
Fonte: Embrapa.

3.10 DOENÇA CELÍACA

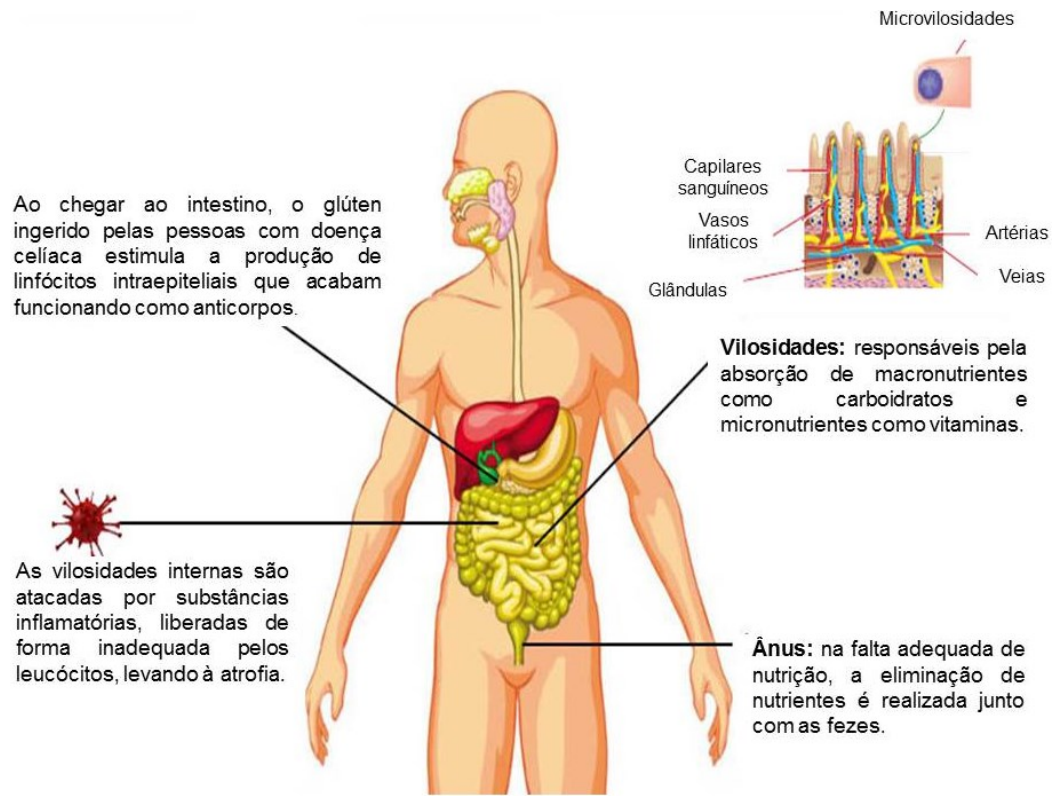
A doença celíaca (DC), também conhecida por enteropatia sensível ao glúten, é causada por uma resposta autoimune do organismo a gliadina (componente do glúten). Além do consumo do glúten, para que a doença se expresse é necessário também haver suscetibilidade genética, presença de fatores imunológicos e ambientais (SDEPANIAN; DE MORAIS; FAGUNDES-NETO, 1999).

Conforme Ferreira e Inácio (2018), a doença celíaca era considerada rara e quase ignorada pelos profissionais de saúde se a mesma não se enquadrasse na definição clássica que dizia que a doença celíaca teria que ser desenvolvida nos três primeiros anos de vida. A dificuldade para processar o glúten é advinda da dieta, provocando reações no corpo todo e principalmente alterações intestinais, podendo causar diarreia, anemia, perda de peso, além de osteoporose e o déficit de crescimento de crianças (ARAÚJO; ARAÚJO, 2010).

Conforme Araújo e Araújo (2010), a doença celíaca é dietética. A pessoa celíaca deve conhecer os alimentos e os ingredientes que os compõem, lendo rótulos e informações nutricionais para poder reduzir ou excluir o glúten da dieta. O glúten está presente no trigo, centeio, cevada, aveia, entre outros, e os alimentos que são rotulados como livre de glúten, costumam ter um valor de mercado bem superior aos alimentos de composição tradicional.

O organismo de pessoas celíacas não produz a enzima responsável pela metabolização/quebra do glúten, desencadeando uma reação do sistema imunológico e atacando a mucosa do intestino delgado, provocando lesões muitas vezes irreversíveis (Figura 4) (SILVA; FURLANETTO, 2010).

Figura 4. Caminho reacional e alterações intestinais provocadas pelo glúten no corpo humano.



Fonte: Dr. Jaime Zaladek, médico hepatologista do Hospital Israelita Albert Einstein.

O glúten é o principal complexo proteico do trigo e tem proteínas que induzem reações de hipersensibilidade: as gliadinas (monoméricas) e as gluteninas (agregados proteicos); quanto mais próxima à relação taxonômica com o trigo, maior a probabilidade de induzir a doença (FERREIRA; INÁCIO, 2018).

Atualmente, no comércio mundial, pode-se encontrar com grande facilidade vastas opções de produtos que não contêm glúten, porém, a grande maioria não apresenta boa aceitabilidade pelo consumidor (ZUCCO; BORSUK; ARNTFIELD, 2011), o que torna cada vez mais valorizado o desenvolvimento de novas formulações e opções de produtos alternativos (Figura 5) não advindos da farinha de trigo (MARIANI et al., 2015).

Figuras 5. Exemplo de alimentos existentes no mercado destinados a celíacos e diabéticos.



Fonte: A autora, 2019.

Existe hoje no Paraná, a ACELPAR (Associação de Celíacos do Brasil - Paraná) que é uma instituição que foi iniciada por um grupo de celíacos que se reunia em uma sala do Hospital Pequeno Príncipe em Curitiba aos sábados para trocas de experiências e receitas. A Dra. Lorete Kotze, gastroenterologista e especialista na doença celíaca, fundou a ACELPAR em 1998 em uma Assembléia com mais de 15 famílias celíacas e o apoio da Sociedade Paranaense de Gastroenterologia. A ACELPAR possui como visão, acolher e educar celíacos, juntamente com seus familiares, disponibilizando informações e orientações que contribuam para uma melhor qualidade de vida e saúde. Além de a reeducação alimentar, promovem também a orientação sobre os procedimentos necessários para seu diagnóstico e dos cuidados necessários para seu tratamento (ACELPAR, 2015).

A ACELPAR ainda possui o chamado “Cadastro Celíaco”, que visa proporcionar uma melhor condição de vida, a partir de orientações, reuniões e atividades, além de poder analisar estatisticamente e assim obter dados mais precisos do número de celíacos do Brasil (ACELPAR, 2015).

3.11 INSULINO NÃO DEPENDENTES

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde, quase 250 milhões de pessoas a nível mundial, têm diabetes. No Brasil, a Sociedade Brasileira de Diabetes estima que 12 milhões de pessoas tenham a doença (BOSCARIOL et al., 2018). Segundo Haber et al. (2001), a insulina é um hormônio anabólico essencial na manutenção da homeostase de glicose, do crescimento e diferenciação celular. Esse hormônio é secretado pelas células β das ilhotas pancreáticas após as

refeições em resposta a elevação da concentração dos níveis circulantes de glicose e aminoácidos. As formas mais frequentes de diabetes são o diabetes tipo 1 e o diabetes tipo 2, sendo classificadas respectivamente como: "dependente de insulina" e "não dependente de insulina" (GROSS et al., 2002).

Conforme Boscariol et al. (2018), Diabetes *mellitus* não Insulino Dependente (DMNID), se desenvolve principalmente em pessoas com mais de 40 anos de idade (podendo também ocorrer em pessoas mais jovens), mulheres em período gestacional e secundário a outras patologias. É uma doença caracterizada como uma disfunção no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas, causada pela resistência à insulina (RI) juntamente com a sua produção insuficiente. Seu diagnóstico pode ser feito a partir da hiperglicemia plasmática, sintomas como poliúria, polidipsia e polifagia (UK PROSPECTIVE DIABETES STUDY (UKPDS) GROUP, 1998).

Existem complicações crônicas e alterações patológicas advindas da progressão da doença, envolvendo grande parte das vezes, o sistema vascular, podendo em diferentes situações, ocorrer nos nervos, na pele e no cristalino. "As complicações crônicas da moléstia incluem a macroangiopatia, a microangiopatia e as neuropatias periféricas e autonômicas" (GREENSPAN; STREWLER, 2006).

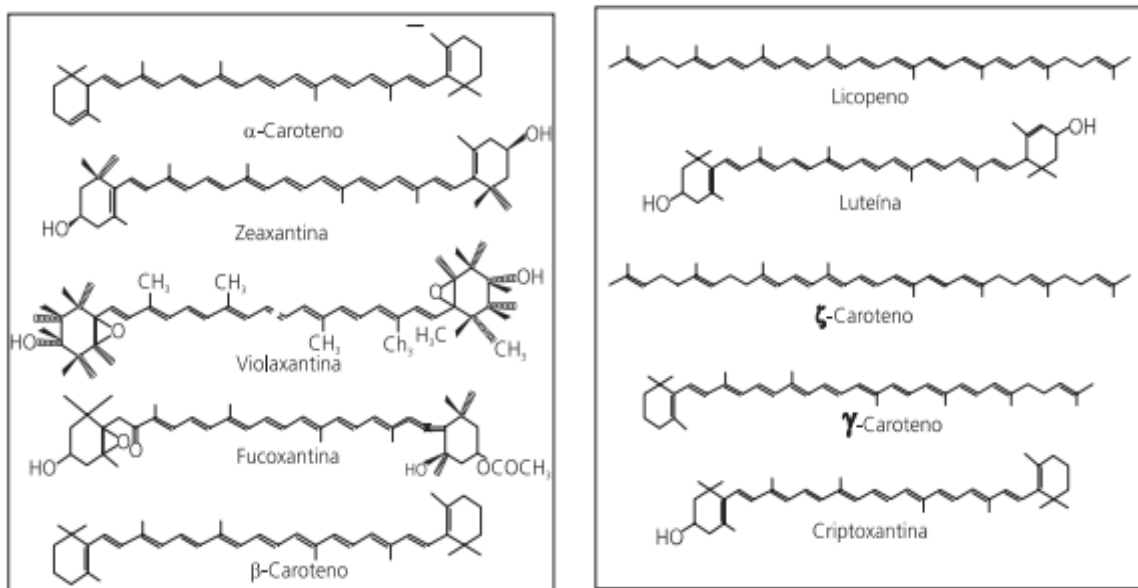
Dentre os tratamentos disponíveis, a mudança de estilo de vida e autodisciplina do paciente, são as mais importantes. A intervenção terapêutica engloba diferentes métodos de atuação, sendo alguns deles: insulinoterapia, acompanhamento nutricional e monitoramento glicêmico, bem como a prática de exercícios físicos e acompanhamento da pressão arterial, todas essas que são medidas básicas indispensáveis para a manutenção e prevenção das possíveis complicações advindas do diabetes (SOARES et al., 2010).

Com a curva crescente de diabéticos a nível mundial, doenças secundárias se tornam preocupantes quando relacionadas à sobrevida dos pacientes, podendo ser relacionada aos casos de nefropatia diabética e o aumento a incidência no desenvolvimento de morbi-mortalidade cardiovasculares, necessitando assim, de uma abordagem clinicamente correta e devidos cuidados prestados a esses pacientes (WANNER; DRECHSLER; KRANE, 2007).

3.12 CAROTENÓIDES

Os carotenoides (Figura 6), normalmente são tetraterpenóides de 40 átomos de carbono, possuindo coloração amarela, laranja ou vermelha. São classificados em carotenos e xantofilas, e estão presentes em frutas e vegetais como também em microalgas (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

Figura 6. Estrutura química de alguns carotenoides.



Fonte: Ambrosio; Campos; Faro, 2006; Porcu, 2018.

Existem aproximadamente 600 carotenoides catalogados, e em média 50 são considerados precursores da vitamina A. Para ser um carotenoide precursor é preciso possuir algumas características, havendo a necessidade de possuir ao menos um anel de β-ionona não substituído, com cadeia lateral poliênica com no mínimo 11 carbonos. Dentre os carotenoides conhecidos, o β-caroteno é o que mais está presente em alimentos e que possui maior atividade de vitamina A (Figura 6) (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006; PORCU, 2018)

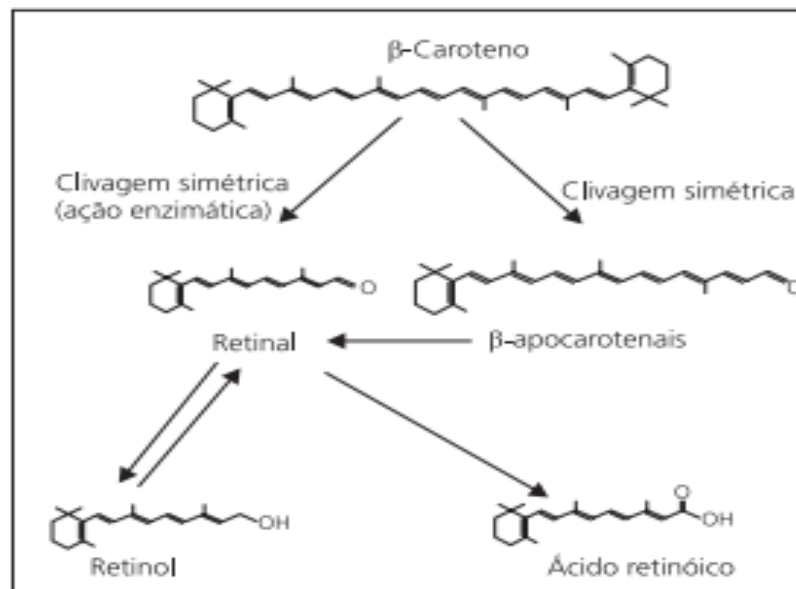
A oxidação do LDL-colesterol é indispensável para o surgimento da aterosclerose, e o fato de que o β-caroteno age inibindo o processo de oxidação da lipoproteína, o torna um excelente antioxidante, possuindo função protetora contra doenças cardiovasculares (GALE et al., 2001; OSGANIAN et al., 2003).

3.13 CLIVAGEM ENZIMÁTICA DO β -CAROTENO

O β -caroteno é convertido a retinol através da ação da 15-15' β -caroteno dioxigenase. Esta enzima citossólica requer um detergente e oxigênio molecular, necessita de grupos sulfidrilas livres, contém, provavelmente, ferro ou cobre e apresenta $KM= 1-10 \mu\text{mol}$ e $\text{pH ótimo}= 7,5-8,5$ (OLSON, 1999).

A clivagem central divide o β -caroteno na dupla ligação central (15-15') e o produto resultante é o retinal, que pode ser convertido de forma reversível a retinol (vitamina A) e irreversível a ácido retinóico (Figura 7).

Figura 7. Clivagem simétrica do β -caroteno.



Fonte: Ambrosio; Campos; Faro (2006).

Na clivagem assimétrica são formados β -apocarotenais, que podem ser convertidos a retinal (Figura 7).

Gessler et al. (2001), constataram que radicais livres resultantes da peroxidação lipídica inibem a reação de conversão do β -caroteno em vitamina A, promovida pela 15-15' β -caroteno dioxigenase. A utilização de inibidores de enzimas oxidativas e antioxidantes propicia a proteção da enzima, favorecendo conversão do β -caroteno na forma ativa da vitamina A (Figura 7).

3.14 FERRO

O ferro (Fe) tem sido muito estudado devido à sua importância na nutrição humana, participando de processos vitais desde mecanismos celulares oxidativos

até ao transporte de oxigénio nos tecidos. É o mineral mais estudado e descrito na história, sendo encontrado em todas as células dos seres vivos, tanto vegetais como animais (GERMANO; CANNIATTI-BRAZACA, 2002).

Moreira (2010), escreveu que a anemia acontece quando há pouca hemoglobina no sangue, o que ocorre devido à falta de vários nutrientes, principalmente de ferro. Quando a anemia é causada pela falta de ferro, é chamada de anemia ferropriva, sendo esta, provavelmente, o mais importante problema nutricional no Brasil.

O Brasil tem uma alta incidência de anemia por deficiência de ferro: 50 % em crianças (menores de 2 anos de idade) e 35% em gestantes (GERMANO; CANNIATTI-BRAZACA, 2002). O diagnóstico de deficiência funcional de ferro ocorre em situações clínicas em que a taxa aumentada de eritropoese ocorre por perda sanguínea significativa de sangue, flebotomias terapêuticas repetitivas ou por uso de estimuladores da eritropoese e suprimentos de ferro (BRASIL, 2014). Existem evidências consideráveis de que o ferro pode desempenhar um papel na conversão de β -caroteno em vitamina A, na síntese de purinas e na detoxificação de drogas no fígado (GERMANO; CANNIATTI-BRAZACA, 2002).

O tratamento para a deficiência de ferro no organismo se dá a partir de intervenções medicamentosas a base de ferro, podendo ser via oral, intramuscular (IM) ou intravenosa (IV) (BORTOLINI; FISBERG, 2010).

Segundo o Programa Nacional de Suplementação de Ferro (PNSF) (SAÚDE, 2013), desde 2005 são elaboradas atividades relacionadas à suplementação com sulfato ferroso, com a finalidade de prevenir a anemia ferropriva, visto que esta é uma boa escolha a ser tomada, analisando a relação entre custo e efetividade. O PNSF é um programa que visa à suplementação preventiva de ferro para crianças de seis meses a dois anos de idade, gestantes, e independentemente do mês de gestação que se encontra, a suplementação é feita também até o terceiro mês pós-parto. Essa orientação tem o objetivo de diminuir o risco de baixo peso da criança ao nascerem, anemia e carência de ferro na gestante (WHO, 2012).

Segundo o Ministério da Saúde (2013), a recomendação é que crianças de seis meses a dois anos, ingiram diariamente 1 mg de ferro elementar/kg; gestantes 40 mg/dia; mulheres pós-parto ou pó-aborto, 40 mg/dia; mulheres entre 19 – 50 anos 18 mg/dia, mulheres >50, 8 mg/dia e homens a partir de 19 anos, 8 mg/dia.

Estima-se que cerca de dois bilhões de pessoas possuem carência de micronutrientes por alimentar-se inadequadamente, carecendo em consumo de frutas, carnes e hortaliças. Visando desenvolver estratégias que contribuam no combate à desnutrição, cultivares de feijão, mandioca e batata-doce passaram a fazer parte do projeto de biofortificação alimentar, obtendo como público alvo, moradores de regiões com índices consideráveis de deficiência nutricional (CARVALHO, 2018).

A Rede de Biofortificação coordenada pela Embrapa realiza, através do projeto BioFORT e dos programas internacionais de biofortificação HarvestPlus e AgroSalud, desenvolvimento de: mandioca e batata doce com maior teor de carotenóides; milho com mais lisina, triptofano e pró-vitamina A; arroz, feijão, milho, trigo e feijão-caupi com teores mais elevados de ferro e zinco; e produtos extrusados e de panificação a partir de farinhas biofortificadas (NUTTI et al., 2010).

A introdução de subprodutos advindos do feijão, mandioca e batata-doce biofortificados na alimentação das populações carentes, é uma alternativa com alta efetividade, pois são alimentos que geralmente fazem parte da dieta, não havendo necessidade de alterar seus hábitos alimentares.

3.15 ZINCO

Indispensável para a saúde humana, o zinco possui inúmeras funções estruturais, bioquímicas e reguladoras (CHASAPIS et al., 2012). Chasapis et al. (2012), ainda relatam que:

Depois do ferro, o zinco é o micromineral com distribuição mais abundante no corpo humano, encontrando-se em grandes quantidades em todos os tecidos. Ele desempenha funções cruciais na divisão celular, no metabolismo, no desenvolvimento sexual, na imunidade e na capacidade cognitiva, exercendo importantes ações estruturais, catalíticas e regulatórias.

Participa como constituinte integral de proteínas ou cofator enzimático em mais de 300 reações químicas que envolvem a síntese e degradação de macromoléculas (BHATNAGAR; NATCHU, 2004). O zinco tem função relacionada em sistemas enzimáticos envolvidos com o metabolismo dos ácidos nucléicos, síntese de proteínas e metabolismo de carboidratos, assumindo um papel relevante para a saúde, participando de inúmeras estruturas e funções vitais do organismo (VALBUENA-AMESTY et al., 2006).

Sabe-se que até mesmo uma deficiência leve pode prejudicar diversos mediadores da imunidade, desde a barreira física da pele até a imunidade celular

adquirida e humoral. Com relação à imunidade inata (ou inespecífica), a deficiência de zinco danifica células da epiderme, podendo promover lesões cutâneas semelhantes àsquelas observadas em casos de acrodermatite enteropática ou de deficiência grave do mineral (COMINETTI; REIS; COZZOLINO, 2017).

Na Tabela 4, pode-se verificar a recomendação de ingestão diária (RDA) e dose máxima (UL) de zinco.

Tabela 4. Recomendação de zinco segundo faixa etária da população.

População	Faixa etária		
	(anos)	RDA (mg)	UL (mg)
Crianças	1 a 3	3	7
Crianças	4 a 8	5	12
Homens	9 a 13	8	23
Homens	14 a 18	11	34
Homens	19 a +70	11	40
Mulheres	9 a 13	8	23
Mulheres	14 a 18	9	34
Mulheres	19 a +70	8	40

RDA: Doses dietéticas recomendadas; UL: Nível de ingestão superior tolerável.

Fonte: Brazilian Association of nutrology (2013).

O zinco é um componente estrutural e funcional de várias metaloenzimas e metaloproteínas, participando em muitas reações do metabolismo celular, incluindo função imune, defesa antioxidante, crescimento e desenvolvimento (DELGADINHO, 2014). Ele ainda assume um papel essencial no crescimento e proliferação celular, uma vez que sua deficiência está relacionada à redução de crescimento em diversos organismos (COMINETTI; REIS; COZZOLINO, 2017). As versatilidades das características físico-químicas do zinco estão na base da sua extensa participação no metabolismo de proteínas, ácidos nucleicos, hidratos de carbono, lipídeos, embriogênese e apoptose (DELGADINHO, 2014).

A deficiência de zinco pode causar interrupção do crescimento em crianças, hipoguesia, alterações imunológicas e cegueira noturna, além de, em formas mais graves, causar hipogonadismo, nanismo e perdas olfatórias de origem neural (Brazilian Association of Nutrology, 2013).

Por isso, fizeram-se necessárias mais pesquisas nesta área para a indústria de alimentos atenderem a população alvo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CODIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

As novas e diferentes variedades de feijão, mandioca e batata-doce, e as farinhas derivadas das mesmas, foram designadas conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Designação adotada para as amostras de grãos e farinhas estudadas.

Nome científico	Cultivares	Tipo	Designação
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	IPR Curió	Grão	GFC
	(feijão carioca)	Farinha	FFC
	BRS Paisano	Grão	GFP
	(feijão preto)	Farinha	FFP
	IPR Quero-quero	Grão	GFQ
	(feijão carioca)	Farinha	FFQ
	IPR Tuiuiu	Grão	GFT
	(feijão preto)	Farinha	FFT
<i>Manihot esculenta</i> (Mandioca)	BRS 396	Farinha	FM1
	IAC 576-70	Farinha	FM2
	IPR Upira	Farinha	FM3
	Pioneira IAPAR	Farinha	FM4
<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam. (Batata doce)	IAPAR 69	Farinha	FBD

Fonte – Autora (2020).

4.2 PREPARO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E BATATA DOCE BIOFORTIFICADO

4.2.1 Amostras de Feijão Biofortificado

Foi obtido do IAPAR, Pato Branco/PR, para a confecção das farinhas de feijão biofortificados amostras (1,0 kg) de: (i) (IPR Curió (feijão carioca); BRS Paisano (feijão preto); IPR Quero-Quero (feijão carioca) e IPR Tuiuiu (feijão preto)); (ii) Mandioca (*Manihot esculenta*): (BRS 396; IAC 576-70; IPR Upira e Pioneira IAPAR); e (iii) Batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.): (IAPAR 69).

4.2.2 Processamento da Farinha de Feijão Biofortificado

Para obtenção da farinha de feijão biofortificado tomou-se 1,0 kg de cada variedade *in natura*, sendo dispersas homoganeamente em uma forma retangular de alumínio (de 35 cm de comprimento, 23 cm de largura e 4 cm de altura) e submetido a 120 °C por 40 minutos em forno de cozinha (Fisher, modelo 090106, 220 V, 2000 W). Em seguida, os grãos foram moídos em liquidificador convencional (Philco PH800, 22 V, 900 W), até obtenção de sua farinha. O tempo e temperatura utilizados para a secagem dos grãos foram estabelecidos previamente a partir de vários testes, até obtermos as condições ideais para a obtenção da farinha.

Figura 8. Imagem das farinhas obtidas das diferentes variedades de feijão: (a) IPR Curió; (b) BRS Paisano; (c) IPR Quero-quero; (d) IPR Tuiuiu.



Fonte: A autora (2020).

4.2.3 Liofilização das amostras de mandioca e batata-doce

Este método consiste na redução da umidade dos alimentos a partir do congelamento e subsequente sublimação da água contida nos mesmos. As amostras de mandioca e batata-doce foram submetidas a análises em condições *in natura* e liofilizadas. As amostras *in natura*, previamente lavadas com água corrente

e congeladas, foram picadas e descascadas com faca de aço inox e submetidas à pesagem em balança analítica AUY 220 (Shimadzu) que os pedaços tinham massa que variou entre 0,60 g e 0,65 g, sendo posteriormente acondicionados em potes plásticos envoltos de papel filme e papel alumínio, protegendo-os da luz, e mantidos em geladeira à -18 °C antes de serem submetidos a liofilização. Para o processo de liofilização, as amostras foram armazenadas a -55 °C sob vácuo de 48 h em liofilizador (Liotop modelo L108).

4.2.4 Processamento da Farinha de Mandioca e Batata-doce a partir das amostras liofilizadas

Para obtenção da farinha de mandioca utilizaram-se 2,1 kg, 1,690 kg, 1,768 kg e 1,580 kg de: BRS 396; IAC 576-70; IPR Upira e Pioneira IAPAR, respectivamente, e 1,068 kg de IAPAR 69. A moagem foi realizada em liquidificador convencional (Philco PH800, 22 V, 900 W) por 7 min. até obtenção de suas respectivas farinhas, sendo acondicionadas em frascos de vidros, protegidas da luz e conservadas sob baixa temperatura (5 °C).

Figura 9. Imagem das farinhas obtidas das diferentes variedades de mandioca: (a) BRS 396; (b) IAC 576-70; (c) IPR Upira; (d) Pioneira IAPAR e batata-doce: (e) IAPAR 69.



Fonte: A autora (2020)

4.2.5 Parâmetros de composição nutricional

Os parâmetros nutricionais avaliados foram: conteúdo energético (kJ/g) das farinhas, conforme metodologia descrita no manual do equipamento (calorímetro marca IKA modelo C 2000); o teor de umidade (U) que foi determinado conforme o método descrito em 012/IV Adolfo Lutz (1985) para secagem direta em estufa a 105°C; cinzas ou resíduo mineral fixo (Cz), segundo o método 015/IV Adolfo Lutz

(1985); para lipídeos ou extrato etéreo com extração direta em Soxhlet utilizou-se da metodologia descrita em 032/IV Adolfo Lutz (1985); determinação de proteínas segundo Tedesco, pela técnica de Micro Kjeldahl para resíduos orgânicos (BRASIL, 2003), sendo o teores de carboidratos calculado por diferença. Todas as análises foram feitas para as amostras das farinhas de feijão, mandioca e batata-doce.

4.2.6 Determinação de acidez álcool-solúvel

Este método destinou-se a determinação da acidez titulável em farinhas e em cereais e amiláceos, por facilitar a dissolução das amostras e evitar a formação de grumos, e foi determinado segundo a metodologia descrita em 415/IV Adolfo Lutz 3º ed. (1985), a partir do cálculo:

$$\frac{(V-V').f.100}{P.c} = \text{acidez em mL da solução N por cento \% / m} \quad [\text{Equação 1}]$$

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação da amostra

V' = nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação do branco

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,01N ou 0,1N

P = nº de g da amostra usada na titulação

c = fator de correção (10 para solução de hidróxido de sódio 0,1 N e 100 para solução de hidróxido de sódio 0,01 N).

4.2.7 Determinação do pH

Para esta determinação utilizou-se de um aparelho potenciométrico de bancada (SP Labor, HI 2211) fornecendo uma medida direta do pH de uma solução. A análise do pH das farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT); de mandioca (FM1, FM2, FM3 e FM4) e batata-doce (FBD) foi realizada de acordo com metodologia descrita por Zimmermann et al. (2009), onde, para cada amostra (10 g) acrescentou-se 50 mL de água destilada. A mistura passou por homogeneização em agitador magnético (modelo LS59-220P, 220 W, série 6683) por cinco minutos sendo deixada em repouso por 10 minutos, ocorrendo assim à sedimentação do material sólido. Posterior a este período, o pH novamente foi medido diretamente no sobrenadante. Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

4.2.8 Atividade de Água (A_w)

A análise de atividade de água (A_w) foi feita com o auxílio do equipamento Aqualab Lite AL 1437 Decagon®. O Aqualab calculou a atividade de água através da avaliação do ponto de orvalho em espelho resfriado, sendo que o ponto de pressão do vapor da amostra é equilibrado com o ar da câmara fechada, a qual contém um espelho. A detecção é resultado da condensação da água no espelho. Quando em equilíbrio, a umidade relativa do ar na câmara é igual à atividade de água na amostra. Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

4.2.9 Coordenadas de Cor

As análises de cor foram determinadas diretamente no colorímetro instrumental Minolta Chroma Meter CR-400b, sendo efetuadas em triplicatas para (i) feijão (G e F). Foram utilizadas alíquotas das amostras homogêneas e posicionadas num recipiente próprio do equipamento. Os resultados foram interpretados pelo sistema CIELAB (CAIVANO; BUERA, 2012), utilizando as coordenadas L^* , a^* , b^* , ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE , onde:

- *Luminosidade L^** : possui escala de zero (preto) a 100 (branco), ou seja, quanto mais próximo de 100, mais branco é;

- *Coordenada de cromaticidade a^** : varia de a^* positivo (tendência da cor para tonalidade vermelha) até a^* negativo (tendência da cor para tonalidade verde);

- *Coordenada de cromaticidade b^** : varia de b^* positivo (tendência da cor para tonalidade amarela) até b^* negativo (tendência da cor para tonalidade azul);

Existem valores de delta associados a esta escala de cor (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) para indicar o quanto uma amostra padrão se difere de outra em L^* , a^* e b^* .

4.2.10 Minerais

Para o perfil mineral foram analisadas as farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT); de mandioca (FM1, FM2, FM3 e FM4) e de batata-doce (FBD). Para determinação do teor de Ferro e Zinco, utilizou-se da metodologia descrita pela AOAC Official Method 985.35; e para o conteúdo total de Fósforo, por detecção na absorção na região do ultravioleta visível segundo a metodologia descrita em AOAC Official Method (Normas Analíticas Adolfo Lutz). Os resultados obtidos são médias de três repetições.

4.2.11 Carotenoides Totais

A determinação foi feita de acordo com a metodologia descrita por Porcu e Rodriguez-Amaya (2004) com algumas adaptações, em duplicata, onde o teor de carotenoides totais determinado foi baseado na quantidade do carotenoide majoritário (Equação 2). Para FM1, FM2, FM3, FM4 e FBD o teor de carotenoide majoritário é o betacaroteno.

$$\text{Quantidade de carotenóides } (\mu\text{g/g}) = \frac{A \times V \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{peso amostra (g)}}$$

Onde:

A = absorvância

[Equação 2]

$$A_{1\text{cm}}^{1\%} = \text{Absortividade Molar} = 2592$$

V = volume total do extrato

4.2.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada com auxílio do equipamento TM3000 (Hitachi Ltda. Corporation, Japão). Para melhor observar a morfologia das amostras foram empregadas ampliações de 400, 600, 800 e 1000 x.

4.2.13 Difratometria de Raios X

Realizou-se a análise de Difração de Raios X (DRX) em difratômetro Rigaku MiniFlex600 (Shimadzu Corporation), utilizando fonte de radiação de lâmpada de cobre (CuK- α), corrente elétrica de 15 mA e tensão de 40 kV. As análises realizadas para as farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT); de mandioca (FM1, FM2, FM3 e FM4) e batata-doce (FBD), seguiram em intervalo de 2θ com ângulo de varredura na faixa de $5^\circ - 30^\circ$, ao passo de $0,02\theta$ e velocidade de 5°min^{-1} .

4.2.14 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de farinha de feijão, mandioca e batata-doce, foram acomodadas no acessório Universal ATR (Sampling Accessory) e inseridas no espectrofotômetro (FTIR Perkin Elmer, USA). As amostras analisadas foram colocadas em contato com o cristal de ATR em módulo de transmitância. Foram realizadas 3 varreduras na faixa de $600-4000 \text{ cm}^{-1}$, resolução de 4 cm^{-1} com 16 acumulações.

4.2.15 Desenvolvimento do Produto Panificado: Formulação do Minipan

A formulação do Minipan foi baseada em ingredientes já direcionados para pessoas diabéticas insulino não dependentes e celíacas, estes apresentados na (Tabela 6).

Para o pão controle, a formulação utilizada foi à mesma descrita para o Minipan, onde as farinhas de arroz, feijão, mandioca e batata-doce foram substituídas pela farinha de trigo tipo I.

Foram feitos testes iniciais somente com as farinhas de feijão, mandioca e batata-doce, onde os resultados obtidos não foram satisfatórios. Com isso, a partir de pesquisas na literatura, substituímos 25% da formulação pela farinha de arroz, que por sua vez, também é isenta de glúten, reduz a perda de elasticidade do produto, fazendo com que não haja grandes alterações no aspecto sabor, agindo também como espessante.

Tabela 6. Ingredientes utilizados na formulação elaborada para a produção do Minipan.

Ingredientes para o Minipan	Quantidade		
	(%)	(g/400 g)	(porção 50 g)
Farinha de arroz	25	100,0	12,5
Farinha de feijão fortificado da cultivar I (IPR Quero-quero)	10	40,0	5,0
Farinha de feijão fortificado da cultivar II (IPR Tuiuiu)	10	40,0	5,0
Farinha de mandioca (BRS 396)	10	40,0	5,0
Farinha de batata-doce (IAPAR 69)	10	40,0	5,0
Sal (NaCl)	0,25	1,0	0,13
Açúcar dietético (Xilitol)	6,25	25,0	3,13
Água	25	100,0	12,5
Fibra vegetal (Psyllium)	2,25	9,0	1,13
Fermento biológico	1,25	5,0	0,6
Total	100	400	50

Fonte: A autora, (2020).

As farinhas de feijão, mandioca e batata-doce foram selecionadas a partir da concentração de proteínas, carboidratos e carotenoides totais respectivamente.

4.2.16 Perfil de textura instrumental do Minipan e pão controle

Um perfil de textura foi obtido através da força de compressão e do perfil de textura (TPA). As análises foram feitas em analisador de textura (Stable Micro Systems - TA XT plus).

No perfil de textura e força de compressão utilizou-se a parte interna do Minipan submetendo-se três fatias de 3 cm² cada para medida. Foi utilizada célula de carga 50 kg e sonda cilíndrica de alumínio de 36 mm de diâmetro, onde foram realizadas duas compressões com 40% de penetração (distância de 10 mm), velocidade de 2 mm/s e 5 s de intervalo entre a primeira e a segunda compressão. Os parâmetros avaliados para textura foram: dureza, a adesividade, a elasticidade, a coesividade, a gomosidade, a mastigabilidade e a resiliência.

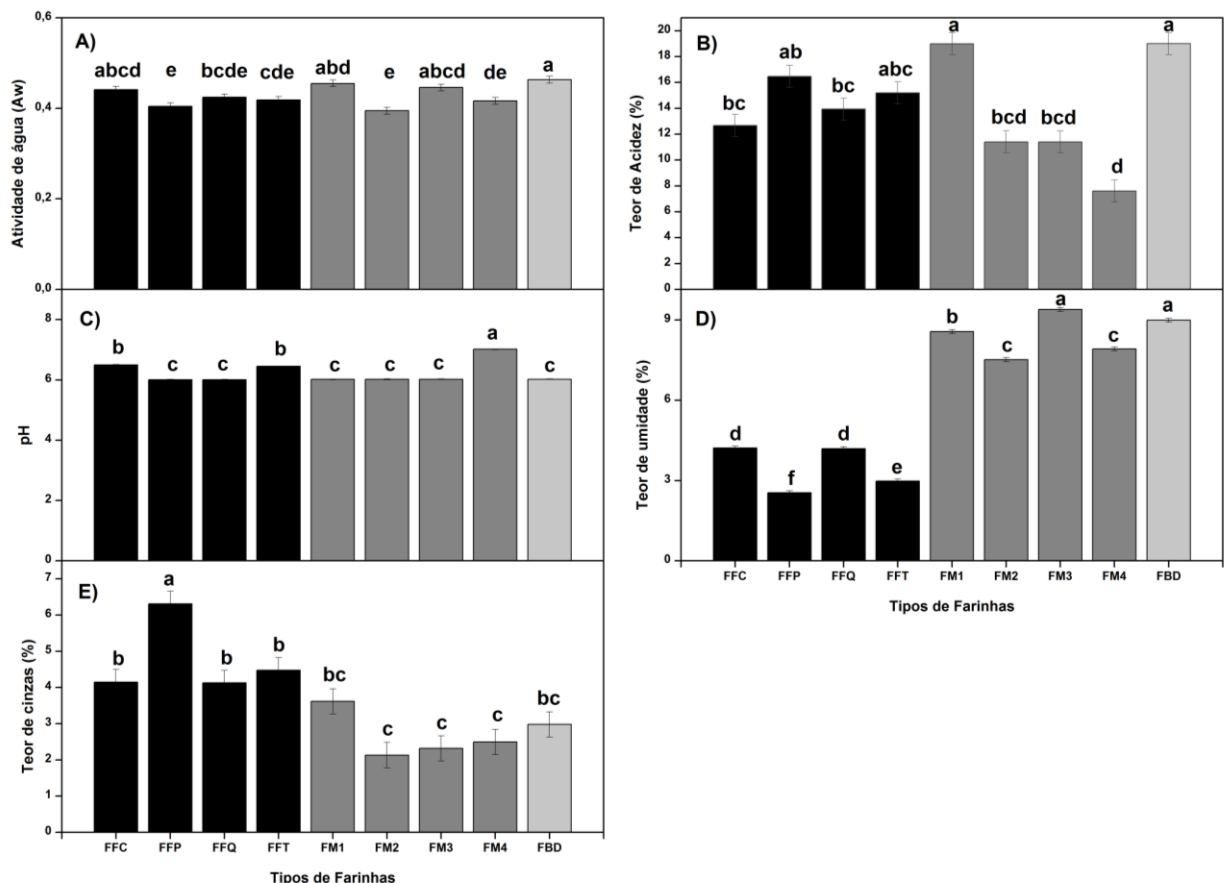
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados pelos modelos lineares generalizados (MLG), ajustados à distribuição gama com função de ligação Log. Tipo de farinha foi categorizado como fator. Cada tipo de farinha seja de feijão, de mandioca ou de batata doce foi considerada como nível dentro desse fator estabelecido. Portanto, nove tipos de farinhas foram categorizados para a execução das análises estatísticas. As análises estatísticas multivariadas foram realizadas nas formas de: análise fatorial (AF), análise de cluster hierárquico (HCA), demonstrado por dendrograma e análise de componentes principais (ACP). Essas análises estatísticas foram realizadas nos pacotes estatísticos disponibilizados na plataforma de Software (SPSS) versão 25 e STATISTICA versão 10.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de composição físico-química das amostras de (i) feijão (farinha): FFC, FFP, FFQ e FFT; (ii) mandioca: FM1, FM2, FM3, FM4; e (iii) batata-doce: FBD são apresentadas na Figura 10. A composição físico-química das farinhas oriundas das cultivares estudadas (FFC, FFP, FFQ, FFT; FM1, FM2, FM3, FM4 e FBD) sofrem forte influência edafoclimática, sendo as condições de plantio (solo, adubação e irrigação), armazenamento, variedade genética e espécie, os fatores que mais interferem em sua composição (FIGUEROA, 2016).

Figura 10. Análises físico-químicas resultantes para farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.



Representação gráfica da comparação de médias resultantes das propriedades físico-químicas entre as variedades de (i) feijão para FFC, FFP, FFQ, FFT; (ii) mandioca para FM1, FM2, FM3, FM4; e (iii) batata-doce para: FBD: (A) Atividade de água (Aw); (B) Teor de acidez (%); (C) pH; (D) Teor de umidade (%); (E) Teor de cinzas (%).

Fonte: A autora, (2020).

O parâmetro de atividade da água (A_w) é influenciado pelo estágio fenológico de maturação do grão de feijão. Os valores encontrados não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si (0,40 a 0,44); bem como a FBD que apresentou como resultado, 0,46.

As farinhas de mandioca também não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si: FM1 (0,46); FM2 (0,40); FM3 (0,45) e FM4 (0,42).

A partir da A_w pode-se prever o comportamento microbiano nos alimentos em relação às bactérias, fungos e as leveduras. Existe um parâmetro que deve ser respeitado para atividade de água que é ($<0,6$) e os resultados obtidos estão dentro dos padrões exigidos para que haja uma boa conservação e aproveitamento da farinha sem perda por qualquer tipo de contaminação advinda de umidade.

Outro critério importante na avaliação no estado de manutenção do produto alimentício é a acidez. “Um processo de decomposição seja de hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons hidrogênio” (IAL, 2008). Em nosso estudo obtivemos valores para farinhas de feijões: (FFC (12,98%); FFP (16,45%); FFQ (13,93%) e FFT (15,2%)), considerados elevados quando comparados a diferentes tipos de farinhas com origem vegetal, como a de mandioca (10,19%) (CHISTÉ et al., 2007). Esta discrepância nos valores obtidos pode ser advinda de alterações decorrentes dos próprios compostos fenólicos do produto alimentício, pela degradação no decorrer do tempo ou pelo processo em que o produto foi submetido (CECCHI, 2003). Mesmo que a acidez das farinhas de feijões estudadas seja considerada alta em decorrência dos próprios compostos fenólicos, ainda assim está de acordo com a regulamentação técnica para farinhas que permite acidez total de até 16% (ANVISA, 2005).

Assim, também houve diferença significativa ($p>0,05$) para: FM1 (18,99%); FM2 (11,39%); FM3 (11,38%); FM4 (7,60%) e FBD (18,99%), sendo que FM1 e FBD não estão em conformidade com a regulamentação técnica para farinhas (ANVISA, 2005), que estabelece limite de 16%.

Quanto aos valores de pH, FFC e FFT (6,50) apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) com FFP e FFQ (6,00) (Figura 10), atributo este, que pode ser influenciado pelo tempo de armazenamento do grão (MARTÍN-CABREJAS et al., 1997). Os valores encontrados neste trabalho são semelhantes aos descritos por Reyes-Bastidas et al. (2010) e Marquezi (2013), encontrando-se próximos do neutro (6,31 a 6,49).

Martín-Cabrejas et al. (2004), demonstrou em seu trabalho que os processos de fermentação e tempo de armazenamento podem provocar diminuição nos valores de pH das farinhas de feijão, visto que acarretam perda de qualidade do produto.

O pH, segundo Soares et al. (1992), é uma característica importantíssima no aumento da vida útil das farinhas, visto que ele atua diretamente no favorecimento ao desenvolvimento microbiano. Os alimentos podem ser classificados em: pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (pH entre 4,5 a 4,0) e muito ácidos (pH < 4,0).

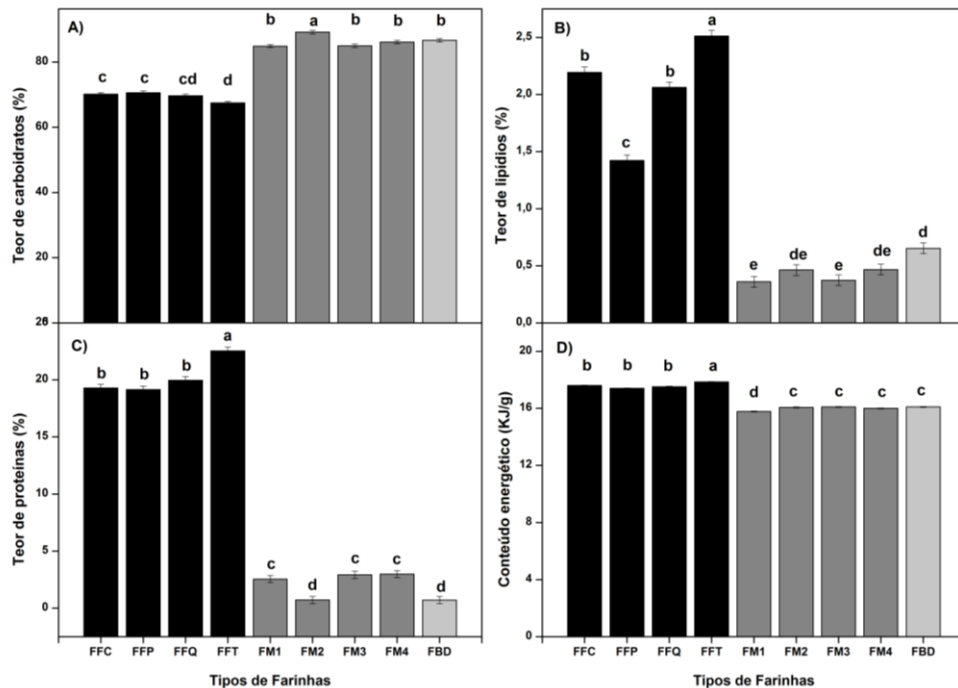
Diante dessa classificação, as amostras de farinha analisadas, foram consideradas pouco ácidas. As farinhas de mandioca e de batata doce não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, sendo que para FM1, FM2 e FM3, o pH foi de 6,00; para FM4 (7,00) e para FBD (6,00).

Os teores de umidade resultantes para FFC (4,21%); FFP (2,54%); FFQ (4,19%) e FFT (2,98%) estão todos abaixo do valor máximo estabelecido pela ANVISA (2005), para farinhas, que é de 14%. A umidade elevada (>14%) implica na formação de grumos, e aumenta a possibilidade de haver a proliferação de microrganismos, como fungos, bem como a redução em sua estabilidade.

Diferentemente da farinha de feijão, os teores de umidade das farinhas de mandioca e batata doce apresentaram valores mais elevados, sendo para (FM1 (8,56%); FM2 (7,52%); FM3 (9,39%); FM4 (7,92%) e para FBD (8,98%)). Os valores encontrados por Franco (2018) para farinha de batata doce (9,18%) assemelham-se aos resultados obtidos neste estudo bem como o relatado por Viana et al. (2019). Considerando a farinha de mandioca Viana et al. (2019) encontraram variações de 8,49 a 12,72%, o que corrobora com os resultados descritos nesta pesquisa para FM1, FM2, FM3 e FM4.

O resíduo por incineração ou cinzas em geral, representa a totalidade de substâncias inorgânicas contida no alimento (IAL, 2008). Os valores para teores de cinzas encontrados para: FFC (4,14%); FFQ (4,12%) e FFT (4,48%), se assemelharam com os valores avaliados nos estudos de Ribeiro et al. (2009), sendo de 4,54 a 4,73%; Pires et al. (2005) com 4,17% e Lovato et al. (2018) com 4,11%. Destacou-se FFP com teor de cinzas igual a (6,30%), que pode ser devido ao fato de que em sua composição dentre todas as farinhas, é a que apresenta o teor mais elevado de ferro (Fe) e zinco (Zn), visto que o teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico (ZAMBIAZI, 2010).

Figura 11. Análise centesimal e conteúdo energético para farinha de Feijão, Mandioca e Batata-doce.



Representação gráfica da comparação de médias resultantes das propriedades centesimais e energética entre as variedades de (i) feijão para FFC, FFP, FFQ, FFT; (ii) mandioca para FM1, FM2, FM3, FM4; e (iii) batata-doce para: FBD: (A) Teor de carboidratos (%); (B) Teor de lipídios (%); (C) Teor de proteínas (%); (D) Conteúdo energético (KJ/g).

Fonte: A autora, (2020).

O principal carboidrato encontrado no feijão é o amido. As farinhas de feijão apresentaram valores altos de carboidratos (FFC (70,14%); FFP (70,59%); FFQ (69,65%) e FFT (67,46%)), os quais constituem a maior parte da composição destes alimentos. Xavier (2013) encontrou valores próximos de carboidratos (68,35 a 70,07%) para diferentes cultivares de feijão. Outros trabalhos que citam valores equivalentes, são os de Pires et al. (2005), variando de 68,92 a 76,75% e Gomes et al. (2006), apresentando de 68,81 a 73,40% para teores de carboidratos em farinha de feijão.

Os valores médios de carboidratos apresentaram-se superiores aos teores mínimos exigidos pela legislação brasileira de 70-75% (BRASIL, 1995). Viana et al. (2019), analisou 12 cultivares de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), apresentando valores que variaram entre 85,14 e 88,78% para carboidratos, semelhante aos encontrados por Guimarães e Schneider (2020) que foram de 85,91 a 90,89%. Estes valores mostraram-se semelhantes aos observados neste estudo,

com FM1 (84,90%); FM3 (84,99%); FM4 (86,14%), se sobressaindo a FM2 com 89,17% de carboidratos presentes em sua composição, indicando assim que todas as variedades empregadas continham elevado teor de amido, apresentando mais que 67% de amido em sua composição, e segundo Aryee et al. (2006), poderiam ser empregadas na produção de variados produtos comerciais, como os derivados de amido. Outra relação que mostra que os teores de carboidratos deste estudo ficaram dentro dos padrões esperados, é o de Dias e Leonel (2006) que encontraram valores que variaram entre 81,02% a 91,56% na farinha de mandioca.

Diferentemente da farinha de mandioca, a farinha de batata doce possui em sua composição em média 85% de carboidratos em base seca, sendo o principal componente o amido (FERNANDES et.al., [2011]), o qual se mostra equivalente ao que encontramos em FBD com 86,66%. Silva et al. (2020) relataram 90,09%, para carboidratos, similar ao valor encontrado neste estudo. Segundo Farias (2019), a presença de amido nos tubérculos, os beneficia, pois confere a eles inúmeras características físico-químicas, aumentando o valor agregados dos produtos onde a batata doce está inserida, bem como seu potencial nutritivo, sendo frequentemente utilizada na formulação de novos produtos. Singh et al. (2003), explicaram que “O amido colabora significativamente com as propriedades tecnológicas de muitos alimentos, tendo assim, muitas aplicações industriais, sendo elas: espessante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de volume, e de retenção de água e adesivo”.

O teor proteico encontrado para FFC, FFP, FFQ, FFT variou de 19,13 a 22,55% evidenciando a alta qualidade de proteína dessa leguminosa e seu potencial para a nutrição humana. Este resultado está de acordo com o relatado por Saha et al., (2009), que em seu trabalho observou valores semelhantes para algumas cultivares de feijão preto e feijão carioca, variando de 18,70 a 26,20%.

Os valores de proteínas para FFT (22,54%) diferiram significativamente ($p>0,05$) das demais (FFC, FFP, FFQ), e mostrou valor superior as mesmas. Semelhantemente ao nosso estudo, os autores Marzo et al. (2002) e Ribeiro et al. (2010) também observaram cerca de 20,00% de valor proteico presente em farinhas oriundas de feijão.

De acordo com a Instrução Normativa n° 52, de 7 de novembro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2011) não faz referência aos teores de proteínas e lipídeos na farinha de mandioca. Neste

trabalho, os resultados para proteínas entre as amostras foram para FM1 (2,55%), FM3 (2,91%) e FM4 (2,97%), havendo diferença significativa somente entre FM2 (0,70%) para com as demais; e para lipídeos obtivemos para FM1 (0,36%), FM2 (0,46%), FM3 (0,37%) e FM4 (0,46%). Mesmo não havendo nenhuma referência do MAPA, o Núcleo de estudos e pesquisas em alimentação (NEPA) (2011) relata que para cada 100 g de farinha de mandioca torrada, os valores proteicos e lipídicos são de 1,2 e 0,3 g, respectivamente, ambos semelhantes ao presente estudo.

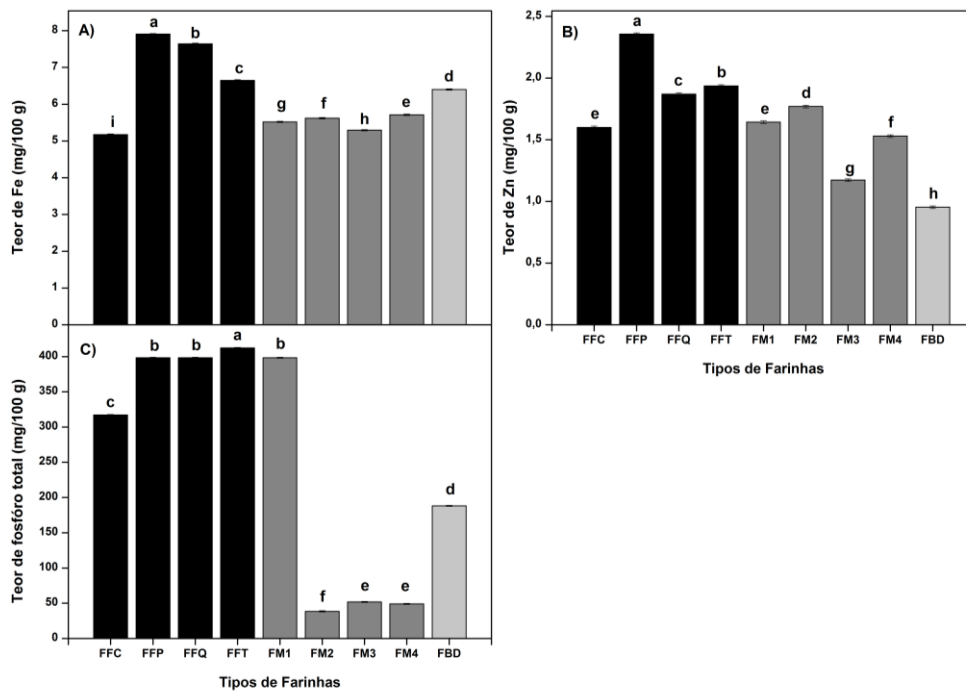
A farinha de batata-doce (FBD) apresentou teor proteico e lipídico (0,71 e 0,65%), respectivamente. O informativo da Embrapa estabelece (1,8%) para batata-doce *in natura*, sendo suficiente para suprir aproximadamente 13% da quantidade proteica diária necessária a um indivíduo saudável (FERNANDES, et al., [2011?]). Farias (2019), apresentou valores proteicos referentes à (1,3%) para batata-doce *in natura*. Wartha et al. (2015), relatou em seu estudo que para cada 100 g de batata-doce biofortificada (cozida), havia 1,6 g de proteínas e 0,10 g de lipídios, bem como a Nepa (2011), que estabelece para cada 100 g de batata-doce cozida, valores de 0,6 g de proteínas e 0,1 g de lipídios. Esta discrepância entre valores, se dá ao estado físico da batata-doce, as inúmeras variedades genética existentes, bem como sua localização em diferentes regiões do país (FARIAS, 2019).

O maior teor lipídico de FFT (2,51%). Expressa que há diferença significativa ($p>0,05$) com FFC, FFP e FFQ sugerindo influência das características do local de origem e os fatores climáticos que podem interferir na composição nutricional, fato evidenciado também por Marquezi (2013).

Donadel e Prudêncio-Ferreira (1999) relatam que o teor de lipídeos da farinha de feijão carioca pode variar entre 1,12 a 3,20%. Esta é a faixa de intervalo resultante nos teores de lipídeos (1,42 a 2,51%) deste estudo para as farinhas de feijão preto (FFP e FFT), resultados que igualmente corroboraram com Marzo et. al. (2002) e Pires et al. (2005) com valores de 0,98 a 1,43%, enquanto que, as cultivares de feijão carioca (FFC e FFQ) estão de acordo com a faixa relatada por Mesquita et al. (2007) (0,53 a 2,55%).

A concentração dos elementos minerais (Fe, Zn, P) foi analisada nas quatro diferentes farinhas oriundas dos cultivares de feijão (Figura 12).

Figura 12. Composição mineral para farinha de Feijão, Mandioca e Batata-doce.



Representação gráfica da comparação de médias resultantes das propriedades minerais entre as variedades de (i) feijão para FFC, FFP, FFQ, FFT; (ii) mandioca para FM1, FM2, FM3, FM4; e (iii) batata-doce para: FBD: (A) Teor de Fe (mg/100 g); (B) Teor de Zn (mg/100 g); (C) Teor de fosforo total (mg/100 g).

Fonte: A autora, (2020).

O teor de ferro (Figura 12) das variedades apresentaram teores médios maiores para as variedades de farinhas de feijão biofortificadas: para FFP ($7,90 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$) e FFQ ($7,64 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$), sendo que os valores não diferiram entre si significativamente ($p < 0,05$). Para as farinhas FFC e FFT, os resultados obtidos foram de $5,17$ e $6,65 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Pires et al. (2005) e Ramírez-Cárdenasi et al. (2008), encontraram em seus estudos teor de ferro que variou entre $4,46$ e $9,16 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$; Lovato (2018), $7,7$ a $8,25 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$ e Xavier (2013) obtiveram um intervalo de $3,67$ a $4,08 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$. Pinheiro et al. (2010), em seu estudo com 155 variedades de feijão, obtiveram como menor valor para ferro, $3,40 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$ e como maior valor, $8,53 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$, sendo os valores encontrados para o elemento ferro em farinha de feijão são todos maiores ou iguais aos demais valores citados, estando semelhantes e dentro dos intervalos de valores obtidos neste estudo.

A farinha de mandioca do gênero *Manihot*, é um produto advindo das suas raízes, as quais são previamente submetidas a devidos processos de beneficiamento (MAPA, 2011).

Para Fe, os valores encontrados em nosso estudo não obtiveram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), para FM1 (5,52 mg100 g⁻¹); FM2 (5,62 mg100 g⁻¹); FM3 (5,29 mg100 g⁻¹) e FM4 (5,71 mg100 g⁻¹).

A batata doce (FBD) destacou maior concentração de Fe (6,40 mg100 g⁻¹). Em relação ao zinco, FBD apresentou 0,95 mg100 g⁻¹, sendo inferior ao descrito por Wartha et al. (2015), que encontraram em suas amostras valores que variaram de 6,2 a 7,6 mg100 g⁻¹. Para Fe, Wartha et al. (2015), relataram para batata doce cozida biofortificada, valor de 8,00 mg100 g⁻¹. Leite (2017) descreveu para novos cultivares de batata doce, valores para Fe que variaram de 0,78 a 9,29 mg100 g⁻¹ e para zinco, 0,77 a 1,30 mg100 g⁻¹, enquadrando-se nos valores encontrados em neste estudo. Essa variação pode ocorrer devido às diferenças entre as variedades que foram avaliadas, bem como as características genéticas e de plantio.

As concentrações de zinco obtidas foram: FFP (2,35 mg100 g⁻¹), FFT (1,93 mg100 g⁻¹), FFQ (1,87 mg100 g⁻¹) e FFC (1,60 mg100 g⁻¹) sendo superiores aos citados por Xavier (2013), (1,12 a 1,24 mg100 g⁻¹), e inferiores aos encontrados por Gomes et al. (2006), (2,7 mg100 g⁻¹, e 2,14 mg100 g⁻¹).

Os teores de zinco na farinha de mandioca não obtiveram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$). Para FM1 o valor encontrado foi de 1,64 mg100 g⁻¹; FM2 (1,77 mg100 g⁻¹); FM3 (1,17 mg100 g⁻¹) e para FM4 (1,53 mg100 g⁻¹), os quais podem ser comparados aos relatados por Vasconcelos (2017), que apresentou em seu estudo valores para amostras de farinha de mandioca que variaram de 0,38 a 6,55 mg100 g⁻¹.

Analisando o fósforo para as farinhas de feijão, observou-se diferença estatística. A FFT se sobressaiu com valor de 412,33 mg100 g⁻¹ e a FFC resultou em 317,1 mg100 g⁻¹, ficando com o menor valor entre os cultivares estudados. As demais farinhas não obtiveram diferença estatística entre si, sendo que ambas (FFP e FFQ) resultaram em 398,48 mg100 g⁻¹ para P. Xavier (2013), encontrou valores que variaram de 347,43 a 417,21 mg100 g⁻¹, semelhantes aos encontrados nesse estudo.

Os teores de fósforo para mandioca apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$). A FM1 se sobressaiu perante as demais (398,48 mg100 g⁻¹) e a FM2

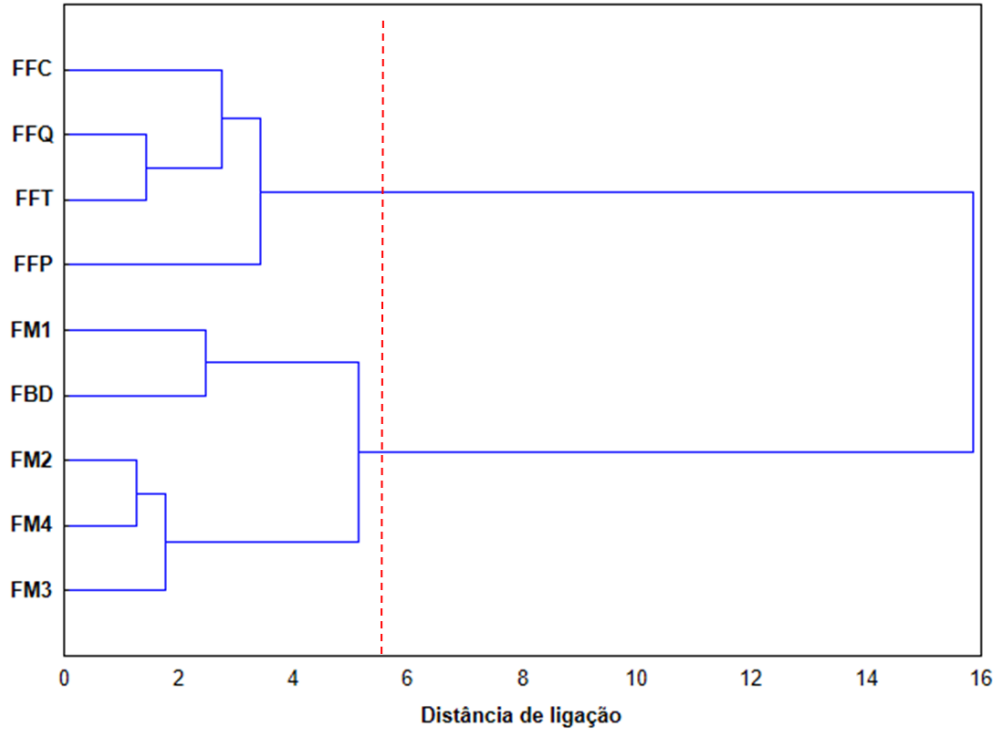
(38,55 mg100 g⁻¹) foi a que apresentou menor teor de P em sua composição. Para FM4 e FM3 obtivemos 49,11 e 51,82 mg100 g⁻¹ respectivamente.

Diferentemente da farinha de feijão, o conteúdo de fósforo (P) na farinha de batata doce, foi menor. O valor obtido para FBD foi de 188,50 mg100 g⁻¹, sendo inferior aos encontrados por Sanoussi et al. (2016), que relataram valores que variaram de 308,67 a 328,67 mg100 g⁻¹ e sobressaindo-se as referências dadas por Vizzotto, et al. (2018), que encontraram nas amostras analisadas valores que variaram de 3,77 a 7,44 mg100 g⁻¹.

A primeira análise fatorial (AF) foi realizada sobre o conjunto de dados da composição físico-química, da composição nutricional, do teor energético e dos teores de ferro, zinco e fósforo das farinhas elaboradas. A primeira AF apontou que as variáveis respostas, atividade de água (A_w) e pH apresentaram comunalidades abaixo de 0,7, e portanto, foram excluídas das análises multivariadas subsequentes. Uma segunda AF foi realizada sobre o mesmo conjunto de dados para confirmar se as variáveis respostas que permaneceram apresentariam alta correlação entre os fatores. Essas variáveis mantidas para as análises multivariadas posteriores foram, acidez, os teores de: carboidratos, cinzas, ferro, fósforo total, lipídios, proteínas, umidade e zinco, bem como o conteúdo energético.

Diante dessas variáveis respostas mantidas na segunda AF, pôde-se elaborar um cluster utilizando-se o método de Ward e a distância Euclidiana. Diante dos resultados pode-se observar que houve a formação de dois grandes grupos (Figura 13).

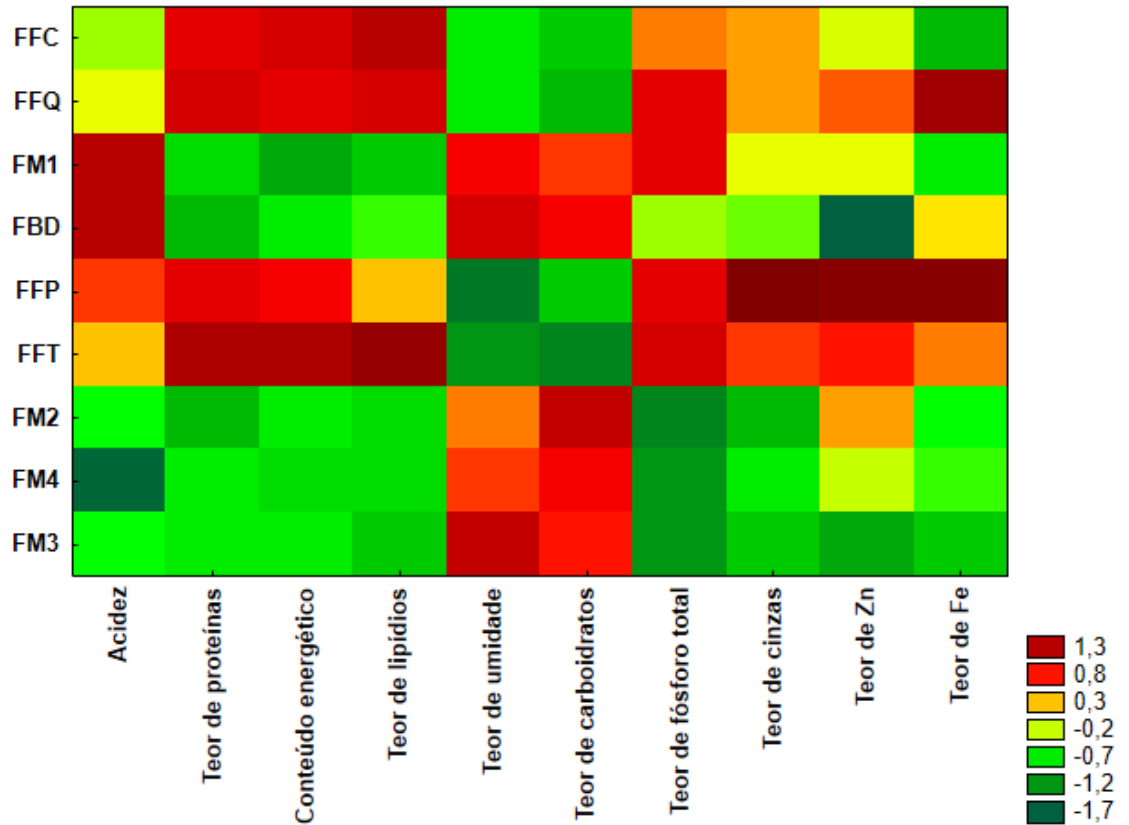
Figura 13. Dendrograma dos agrupamentos das farinhas de feijões, mandioca e batata doce. Destaque com linha vermelha pontilhada para nível de corte e para formação dos grupos.



Fonte: A autora, (2021).

O primeiro grupo pertencente às farinhas de feijões (FFC, FFQ, FFT e FFP) e o segundo, compreendeu as farinhas de mandioca e batata doce (FM1, FBD, FM2, FM3 e FM4). Esse padrão de agrupamentos apresentado pelo dendrograma (Figura 12) também pode ser visto de maneira pontual correlacionando-se as variáveis respostas com suas respectivas farinhas de feijão, mandioca e batata doce, por meio de um mapa de calor (Figura 14).

Figura 14. Mapa de calor dos tipos de farinhas correlacionado com as respectivas variáveis respostas.

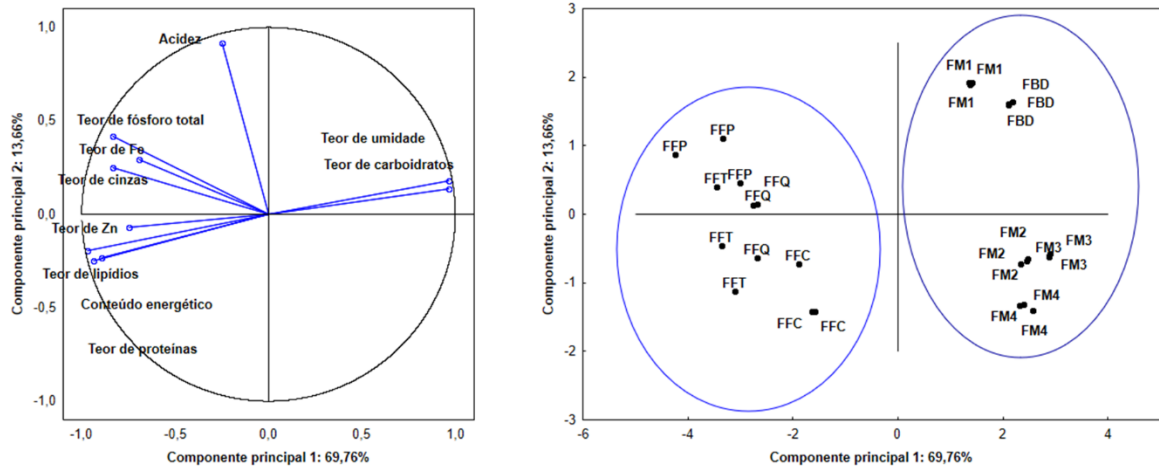


Fonte: A autora, (2021).

O mapa de calor apresenta um mosaico de cores (Figura 14) que vai do verde escuro ao vermelho tijolo, e mostra a intensidade das cores, as quais representam os valores para cada resposta obtida neste estudo. Por exemplo, a farinha de mandioca (FM4), possui a menor acidez detectada perante todas as farinhas analisadas (coloração verde escuro). Outro exemplo que podemos citar é a farinha de feijão BRS Paisano, possuindo um dos maiores teores de cinzas, zinco e ferro, pois nesse mapa de calor (Figura 14), denota-se uma coloração vermelho tijolo. O restante de toda essa discussão relacionada ao mapa de calor é realizada no decorrer deste tópico.

Após a análise de cluster e da apresentação do mapa de calor (Figura 14), foi realizada a análise de componentes principais (ACP). A análise de ACP (Figura 15) confirmou os agrupamentos formados e mostrados no dendrograma e apresentados no mapa de calor.

Figura 15 - Projeção (A) das variáveis respostas e (B) das amostras de farinhas de feijão, mandioca e batata doce nos planos das componentes CP1 e CP2.



Fonte: A autora, (2021).

Juntas, as duas primeiras componentes principais (CP1) e (CP2) explicam 83,42% da variância dos dados (Figura 15). A primeira componente principal, que explica sozinha 69,76% da variância dos dados foi a componente que separou as amostras de farinha de mandioca e de batata doce das farinhas de feijões. Os teores de umidade e de carboidratos foram os maiores para as farinhas de mandioca e de batata doce, e conseqüentemente esses teores foram os menores para as farinhas de feijões. As farinhas de feijões, por sua vez, apresentaram os maiores teores de fósforo total, de ferro, de cinzas, de zinco, de lipídios, de proteínas e apresentaram os maiores índices de conteúdo energético e acidez elevada, em comparação com as outras farinhas de mandioca e de batata doce.

5.1 DETERMINAÇÃO DE CAROTENOIDES TOTAIS

Estudos indicam que os carotenoides são agentes quimiopreventivos, e apresentam relações entre o aumento da ingestão de alimentos que contém carotenoides e a redução de diferentes doenças. Atuam também na modulação do metabolismo carcinogênico, promovendo um bloqueio na proliferação celular, estimulando a comunicação entre as células e conseqüentemente gerando um aumento na resposta imunológica (FERNANDES, 2007).

Na Tabela 7 estão descritos os resultados obtidos para as das amostras de farinhas de feijão, de mandioca e de batata-doce.

Tabela 7 – Teores resultantes de carotenoides das amostras de farinha de feijão, mandioca e batata-doce

Farinhas	Carotenoides Totais (μgg^{-1})
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	
FFC	N.D.
FFP	N.D.
FFQ	N.D.
FFT	N.D.
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	
FM1	6,70
FM2	N.D.
FM3	2,84
FM4	N.D.
Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	
FBD	17,63

N.D.: Não detectado

Fonte: A autora (2020).

Identificou-se presença de carotenoides em FM1, FM3 e FBD. Embora não se tenha observado estas substâncias em FFC, FFP, FFQ e FFT, estas farinhas são fonte de carboidratos, proteínas e minerais (Fe, Zn e P) (Figura 11 e 12). Este fato indica o valor funcional destes alimentos. E, ainda, a presença de amido existente nas leguminosas exerce eficiência em reduzir o efeito glicêmico e insulínico (GRANITO et al., 2009).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS COORDENADAS DE COR

5.2.1 Coordenadas de cor instrumental das cultivares de feijão.

Os parâmetros colorimétricos avaliados foram luminosidade (L^*), coordenadas cromáticas a^* e b^* , saturação(C) e ângulo de tonalidade (H^0).

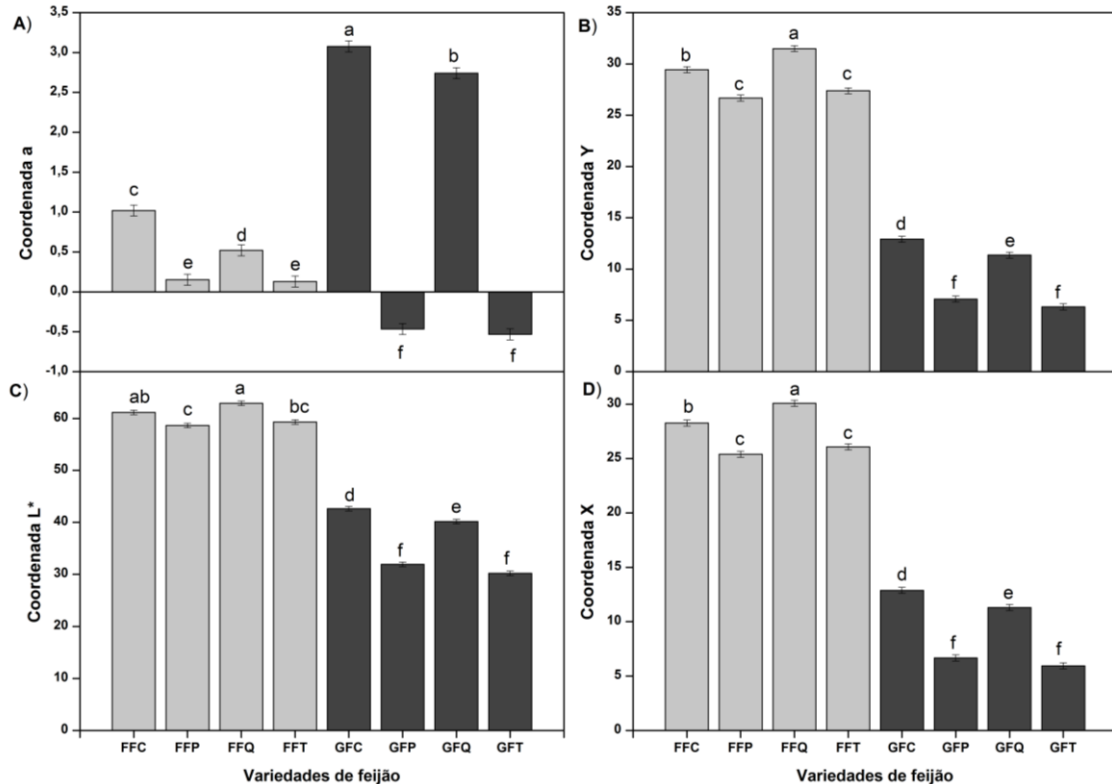
Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey com nível de significância $p=0,05$. Este estudo mostrou que todas as amostras (FFP, $58,67 \pm 0,77$; FFT $59,32 \pm 0,67$; FFC, $61,16 \pm 0,29$; FFQ, $62,91 \pm 0,62$) apresentaram uma redução de L^* quando comparadas ao padrão ($93,56 \pm 0,22$), mostrando tendência

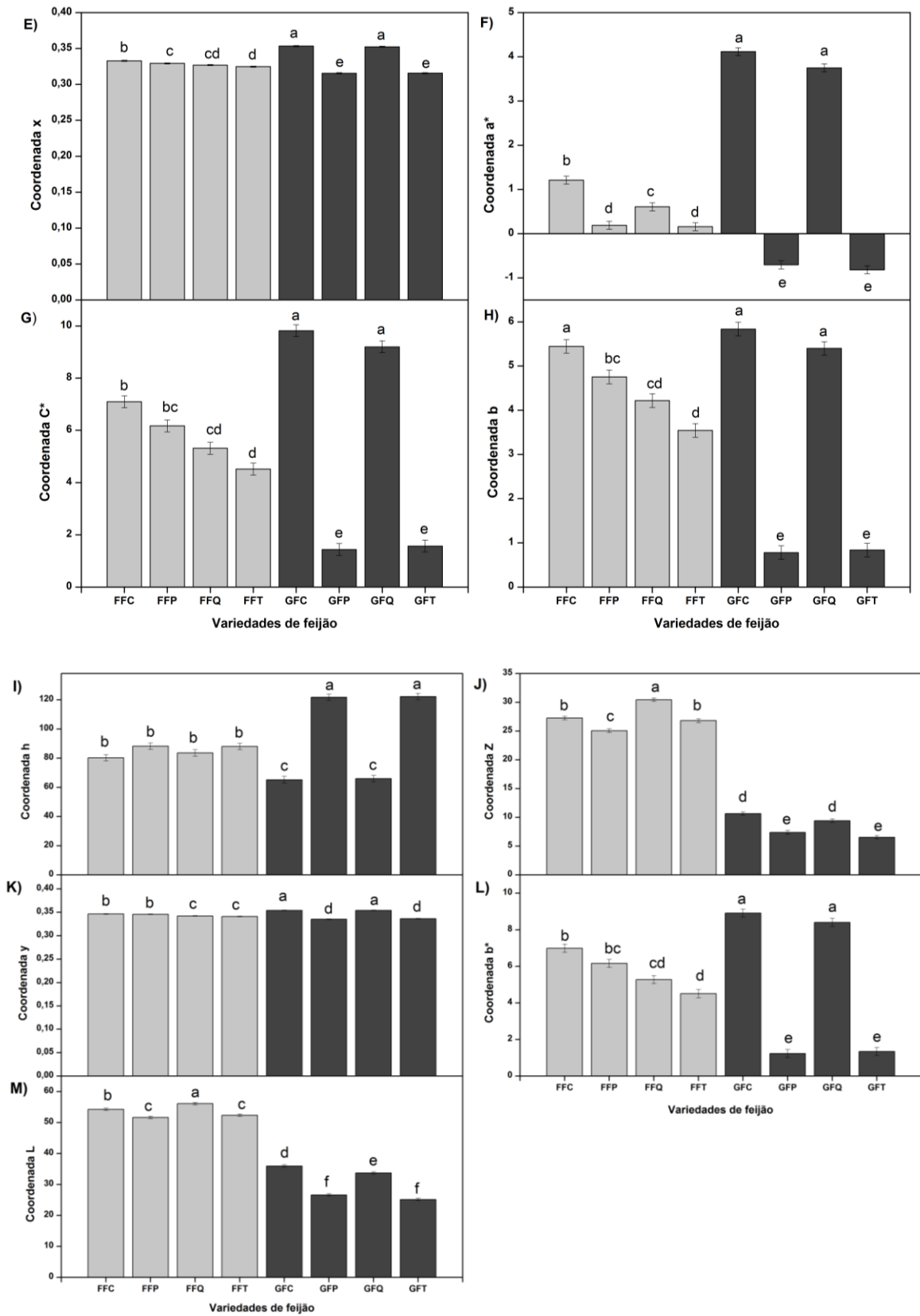
ao escurecimento e uma diferença total de cor perceptível a olho nu ($30,22 \leq \Delta E \leq 35,66$) (Figura 16).

Para GFP, GFT, GFC e GFQ encontrou-se diferença significativa para todas as leituras de (L^* , a^* , b^* , C e H^0) sendo que as cultivares IPR Quero-Quero ($L^*=42,62 \pm 0,85$) e IPR Curió ($L^*=40,18 \pm 0,01$) apresentaram maior claridade, indicando um feijão recém-colhido e, portanto, de melhor qualidade, pois são muito próximos a $L^*=55,00$ (Figura 16).

A cromaticidade b^* (Figura 16 (H)) indicou para grãos e farinhas tendência para coloração amarela. Isso foi observado para H^0 que apresentou valor entre 88,25 e 80,67 para as farinhas, $65,23 \pm 1,45$ para GFC e $65,96 \pm 0,06$ para GFQ. Os grãos GFP ($H^0=121,74 \pm 12,60$) e GFT ($H^0=122,26 \pm 3,48$) apresentaram maior tonalidade de cor e cromaticidade a^* com valores negativos próximos do zero tendendo para o verde.

Figura 16 – Gráficos de coordenada de cor para grãos (GFC, GFP, GFQ e GFT) e farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT).





Fonte: A autora, (2021).

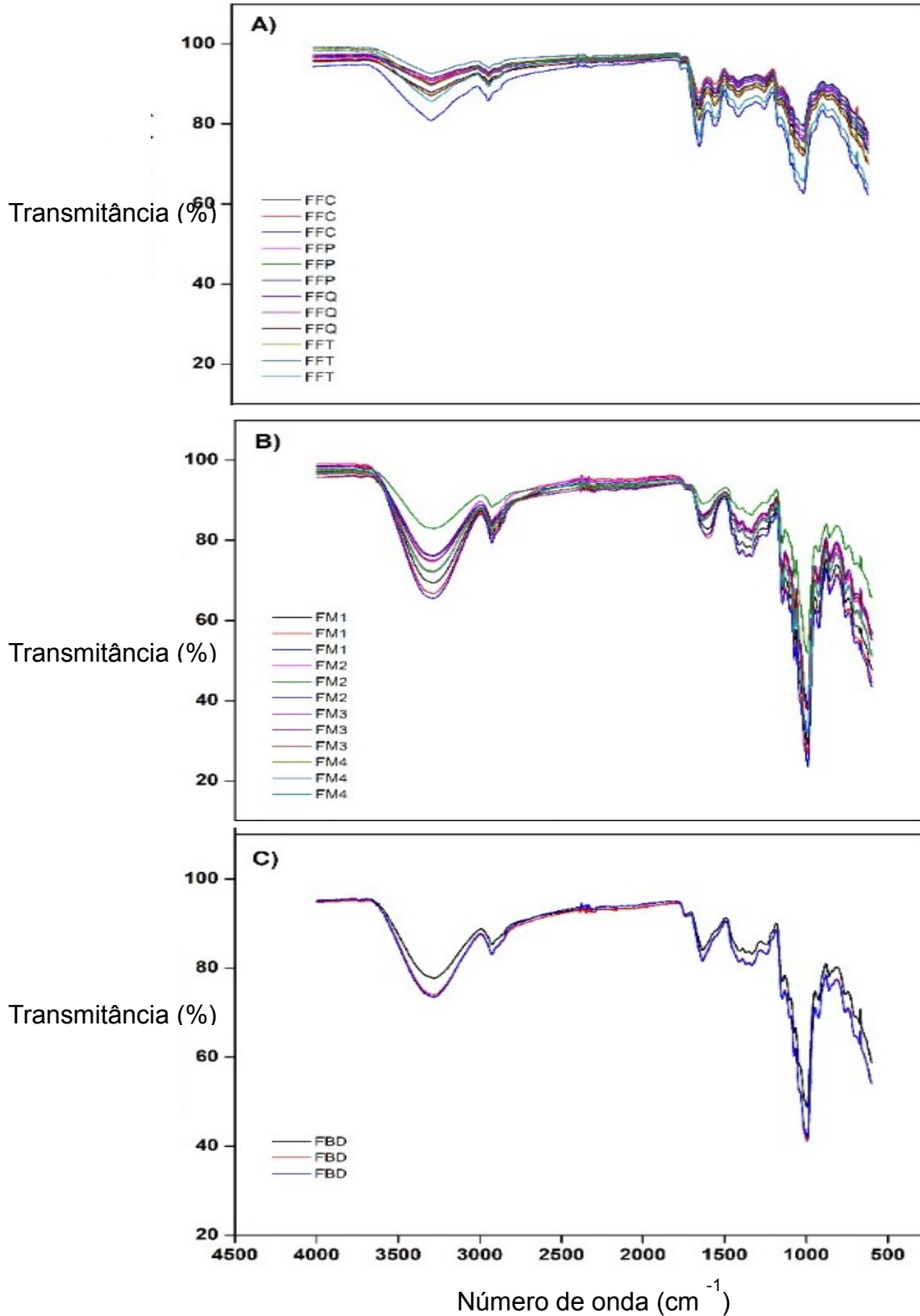
5.3 CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICO INSTRUMENTAL

5.3.1 Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

Na Figura 17 são apresentados os espectros de absorção na região do infravermelho para as farinhas de feijão, de mandioca e de batata doce.

O espectro de infravermelho do amido nativo apresenta bandas na região de 2900-3000 cm^{-1} (correspondente estiramento C-H), em 1163, 1150, 1124 e 1103 cm^{-1} , que correspondem ao estiramento C-O e C-C com alguma contribuição do estiramento C-OH. As bandas em 1077, 1067, 1047, 1022, 994 e 928 cm^{-1} são atribuídas às deformações C-OH e CH_2 . O grupo C-O-C (éter) presente em um anel de seis átomos (como no monômero de glucose) que absorve em 1150-1085 cm^{-1} e dependendo de deformação axial (simétrica ou assimétrica) essas bandas irão se deslocar (SILVERSTEIN, 1991; LIMA, et al., 2012).

Figura 17 - Espectroscopia de Infravermelho com Transformadas de Fourier (FTIR) das amostras de farinha de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT); farinha de mandioca (FM1, FM2, FM3, e FM4) e farinha de batata-doce (FBD).



Fonte: A autora (2021).

Todas as farinhas apresentaram deformações moleculares existentes nas moléculas de amido a 3400 e 1650 cm^{-1} , atribuídas ao estiramento e a deformação angular de ligações -OH. Porém, as farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT) mostraram em menor intensidade. Uma banda larga próxima de 3500 cm^{-1} atribuiu-se como característica dos modos de alongamento simétrico e assimétrico da ligação O-H, sendo a molécula de água (H_2O) o responsável majoritário.

Na região entre 2900 e 2800 cm^{-1} foi observado um pico atribuído ao alongamento C-H, estando geralmente presente em ligações saturadas dos polissacarídeos. Na região de 1700 cm^{-1} um pico foi correspondente ao alongamento simétrico da ligação C=O pertencente a moléculas insaturadas. Os picos de absorção entre 1700 e 1800 cm^{-1} correspondem a composição lipídica do material (SILVERSTEIN, 1991). O pico próximo de 1500 cm^{-1} está relacionado ao alongamento do grupo N-H, e o alongamento de suas vibrações é correspondente a bandas de proteínas II. E o pico correspondente ao 1000 cm^{-1} é atribuído ao alongamento C-C, C-O com alguma contribuição das ligações C-O-H correspondente aos sacarídeos.

Além dessas bandas, é possível observar a banda próximo a 2926 cm^{-1} , atribuída à deformação axial de ligações C-H. As bandas na região 1200 a 1000 cm^{-1} são consideradas bandas características do amido e são atribuídas a vibrações de deformação axial de C-O em álcoois e a vibrações de deformação axial do sistema O-C-O (LIMA, et al., 2012).

5.3.2 Difractometria de Raio X (DRX)

A análise por técnica de raios X (DRX) permite caracterização microestrutural aplicada para identificar as fases cristalinas dos materiais. Sendo assim, a Difractometria de Raios X também é uma excelente ferramenta na análise estrutural e de cristalinidade de polissacarídeos, como é o caso do amido e da fécula (JEDDOU et al. 2016).

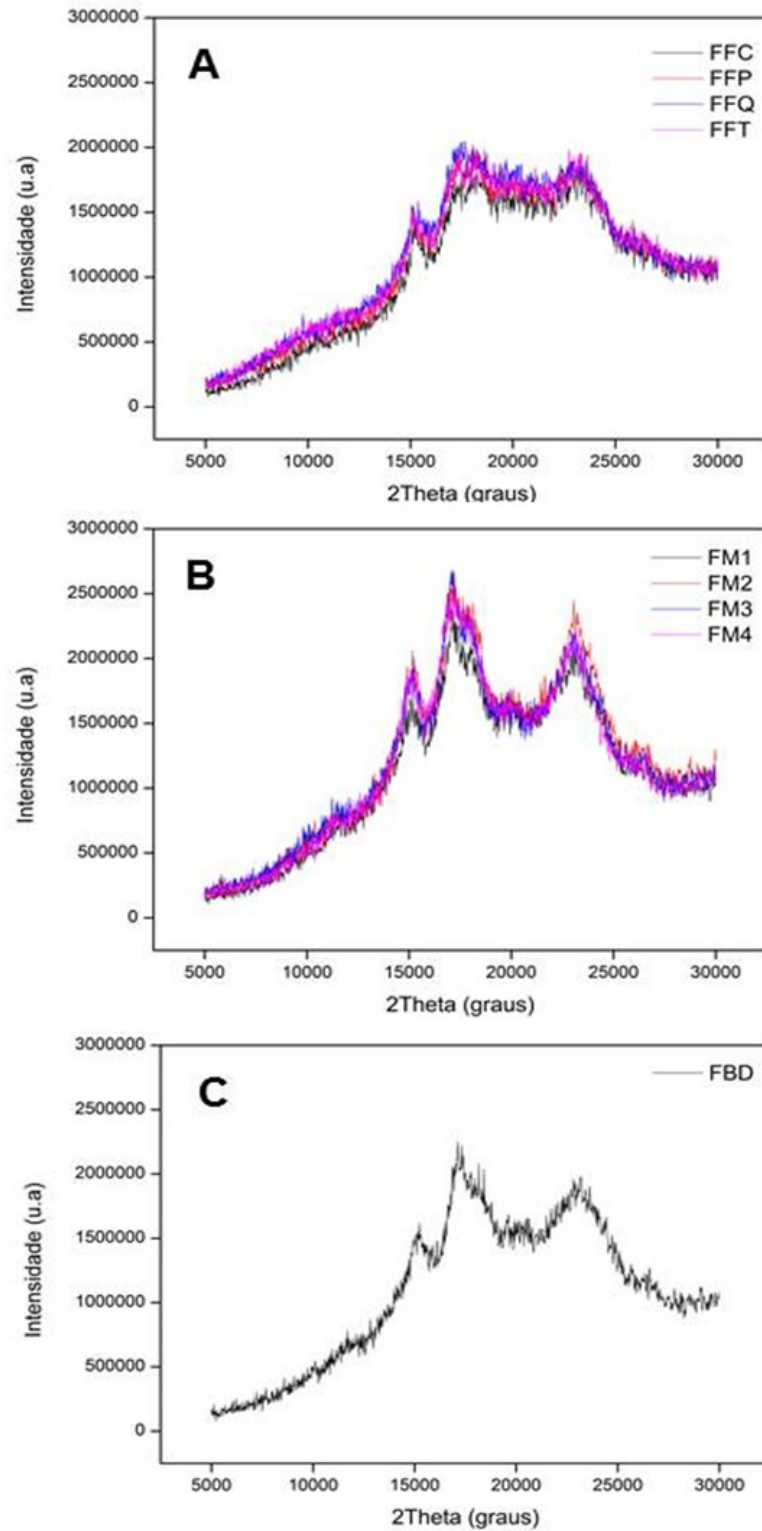
A Figura 18 apresenta os padrões de cristalinidade para os ângulos de difração característicos das amostras das leguminosas e tubérculos avaliados neste estudo.

As farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT) (Figura 18) apresentaram difratogramas de raios X com picos 2Θ de maior intensidade em $14,8$, $17,5$ e $23,0$ referentes ao padrão de cristalinidade do tipo C, já as farinhas de mandioca (FM1,

FM2, FM3, e FM4) (Figura 18 (B)) e farinha de batata doce (FBD) (Figura 18 (C)) apresentaram picos nos ângulos de difração em 15,0, 17,5 e 23,5 característicos de cristalinidade do tipo B. O feijão é uma leguminosa enquanto mandioca e batata doce são denominados de tubérculos, portanto, os resultados encontrados estão de acordo com os dados relatados por Van Soest (1997) no qual o autor afirma que os amidos de cereais apresentam cristalinidade do tipo A, os amidos de tubérculos cristalinidade do tipo B e os amidos de raízes e sementes cristalinidade do tipo C.

Os padrões de cristalinidade dependem, das cadeias de amilopectina, da densidade de empacotamento dentro dos grânulos, bem como da presença da água (SAJILATA; SINGHAL, & KULKARNI,2006).

Figura 18 – Difratometria de Raio X (DRX) das amostras de farinha de feijão ((A) FFC, FFP, FFQ e FFT); farinha de mandioca ((B) FM1, FM2, FM3 e FM4) e farinha de batata-doce ((C)FBD).



Fonte: A autora (2021).

5.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para as Farinhas de feijão, Mandioca e Batata doce.

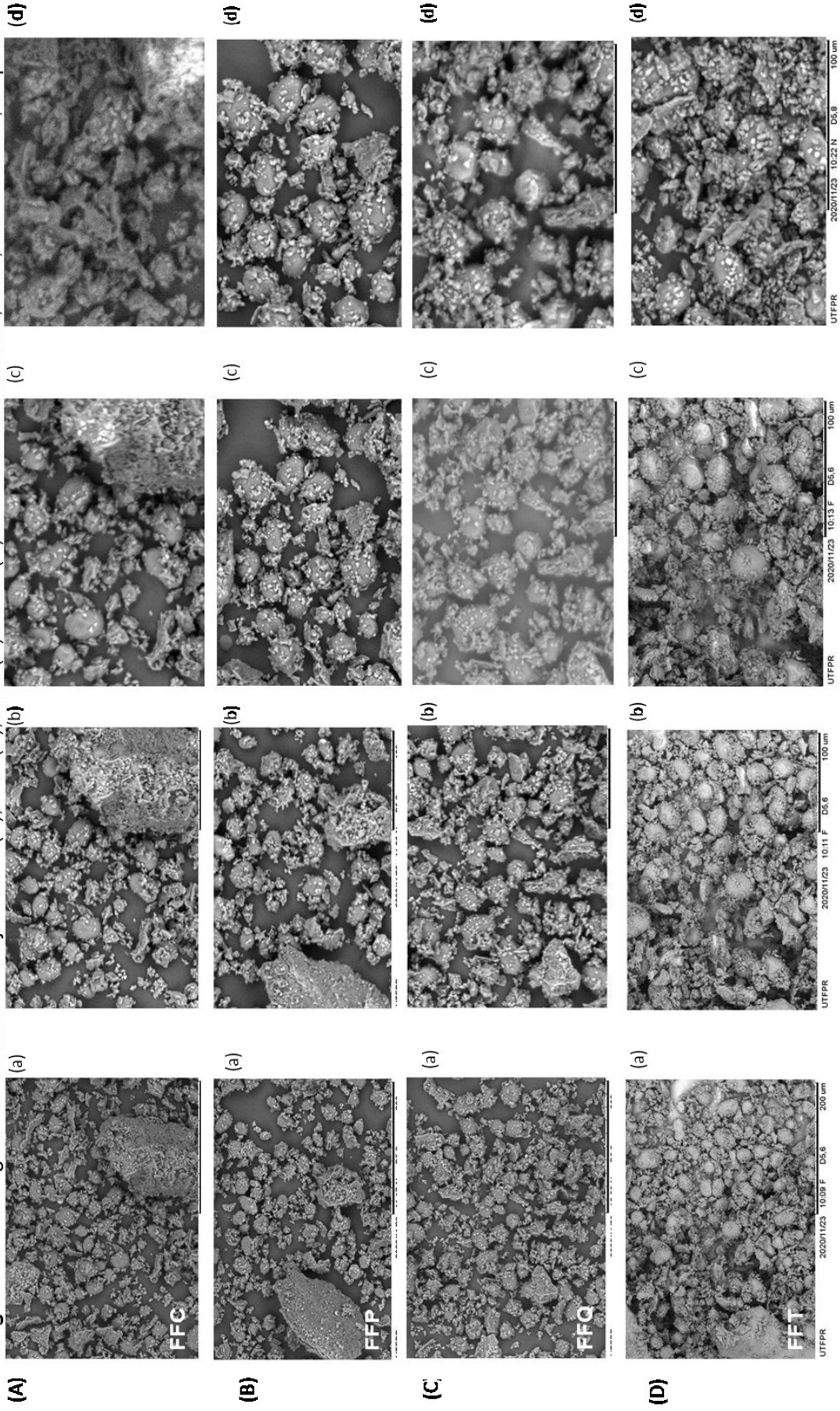
As características morfológicas das estruturas das farinhas de feijão, mandioca e batata doce são apresentadas nas Figuras 19, 20 e 21, respectivamente.

Por meio da MEV a farinha de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT) mostrou aglomerados íntegros, tamanho esférico e uniforme, de estrutura densa, e compacta. Ocorre ainda a presença de partículas esféricas menores, variando de 10 a 40 μm , aderidas aos grânulos de amido sugerindo partículas não amiláceas e propondo uma matriz constituída por amido e proteínas globulares. Foram também observados espaços de ar, porém, de um modo geral não ocorreu diferença entre as amostras (FFC, FFP, FFQ e FFT) (Figura 19).

Considerando as diferentes farinhas de mandioca (FM1, FM2, FM3 e FM4) (Figuras 20) não apresentaram diferenças na morfologia entre elas. Foram observadas partículas esféricas de formato irregular que variaram de 5 a 25 μm , e, ainda a presença de fibras com aspecto folhoso e ondulado.

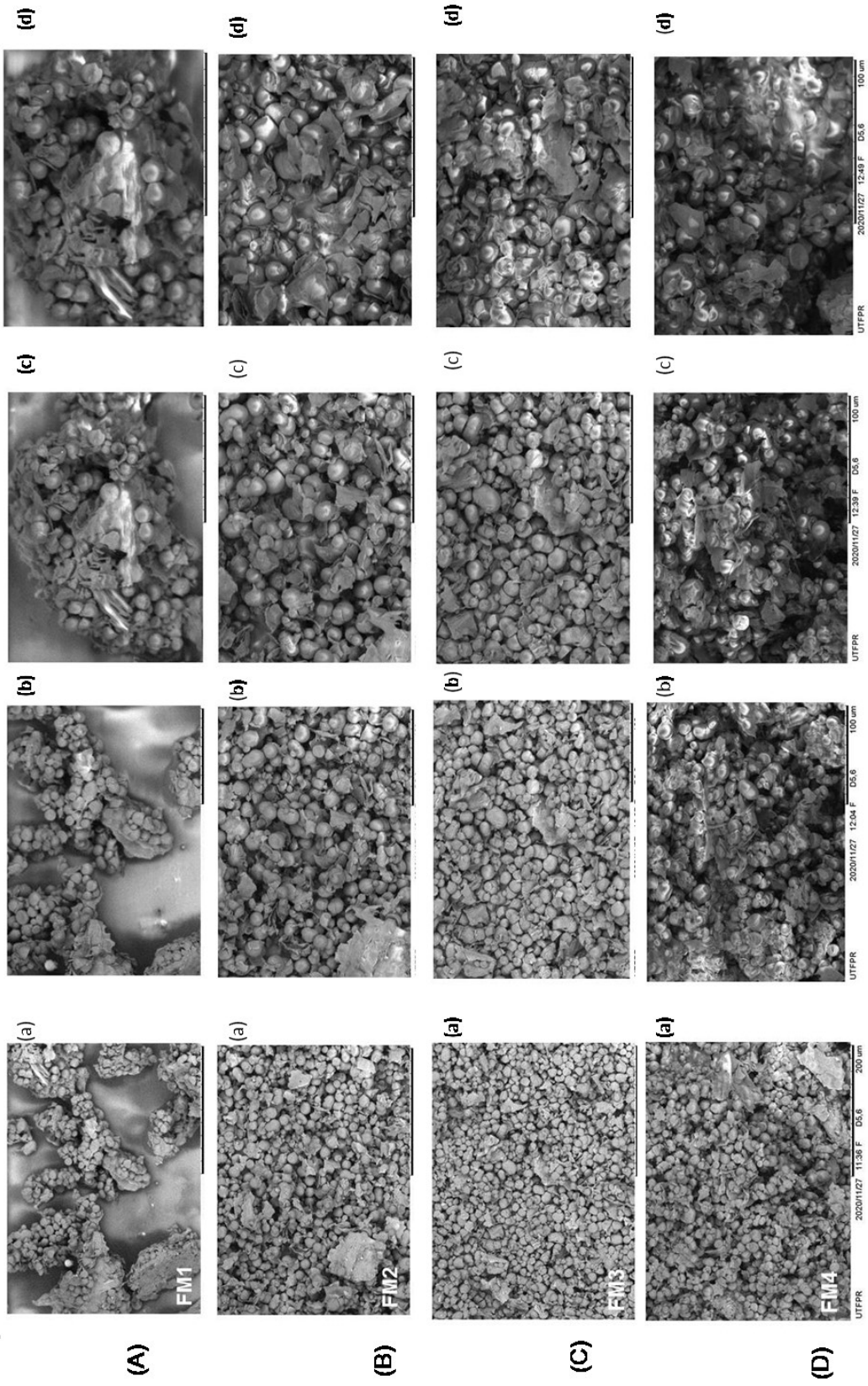
Na amostra FDB (Figura 21) observou-se partículas esféricas isoladas e aglomeradas que variaram de 5 a 15 μm .

Figura 19 – Micrografia das fainhas de feijão: FFC (A), FFP (B), FFQ (C) e FFT (D) nos aumentos de 400x, 600x, 800x e 1000x, respectivamente.



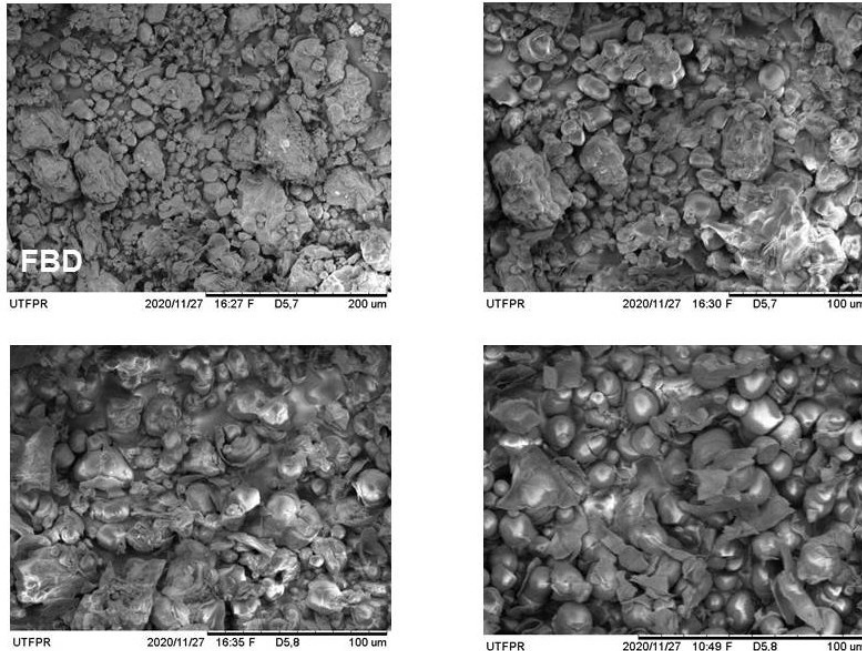
Fonte: A autora (2020)

Figura 20 – Micrografia da farinha de mandioca: FM1 (A), FM2 (B), FM3 (C) e FM4 (D) nos aumentos de 400x, 600x, 800x e 1000x, respectivamente.



Fonte: A autora (2020)

Figura 21 – Micrografia da farinha de batata-doce nos aumentos de 400x, 600x, 800x e 1000x, respectivamente.



Fonte: A autora (2020)

5.4 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DO MINIPAN

Os tubérculos, sementes, legumes, frutas entre outros ingredientes estão sendo utilizados em pães sem glúten com o intuito de agregarem valor nutricional aos pães (CAPRILES; ARÊAS, 2014).

Foi elaborada a formulação de um pão, que será chamado de Minipan, cujos principais ingredientes são apresentados na Tabela 8.

O Minipan desenvolvido utilizou ingredientes que já são direcionados para pessoas diabéticas insulino não dependentes e celíacas, com avaliação criteriosa (Tabela 6). Para o pão controle, a formulação utilizada foi à mesma descrita para o Minipan, onde as farinhas de arroz, feijão, mandioca e batata-doce foram substituídas pela farinha de trigo tipo I (Figura 22).

Zandonadi et al. (2009) e Cappa et al. (2012) evidenciaram boa aparência e excelente aceitabilidade de pães sem glúten quando o psyllium foi usado como substituto do glúten. Neste estudo, a farinha de arroz, FFQ, FFT, FM1, FBD e o psyllium foram usados como substituto de glúten no Minipan evitando reações adversas a este composto. E, a presença de antioxidantes naturais tais como

carotenoides em FM1 e FBD aumentam a qualidade nutricional deste novo produto. O Minipan produzido com as farinhas de feijão, mandioca e batata doce mostrou que a casca e o miolo dos pães são mais escuros que o controle (Figura 23).

Figura 22 – Fluxograma de processamento do produto (Minipan) e produto controle.

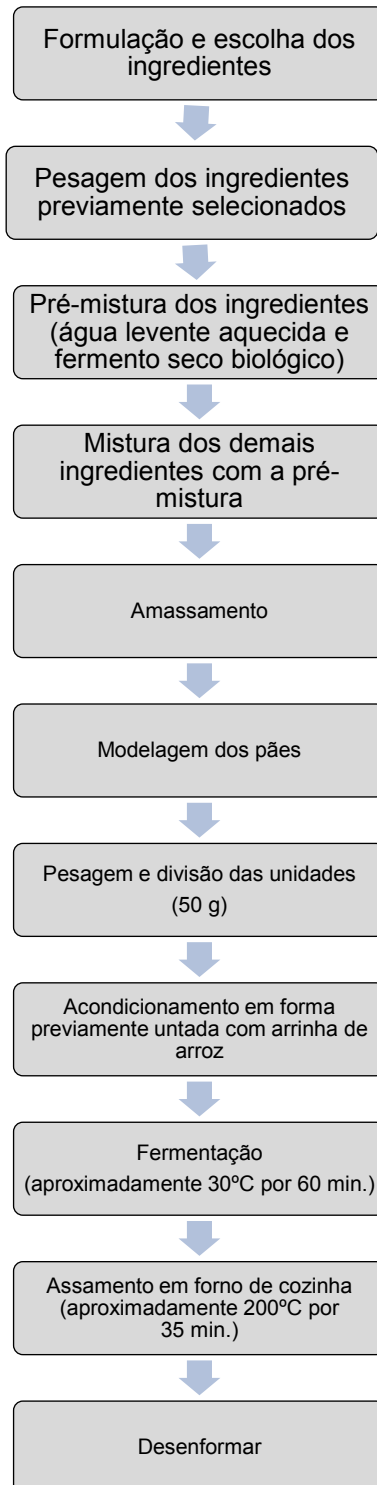


Figura 23 – Amostras do pão controle e pão produto (Minipan): (A) pão produto (Minipan) antes de ser assado; (B) pão controle antes de ser assado e (C) pães produto (Minipan) e controle após assados.



Fonte: A autora, 2021

5.4.1 Características físicas do Minipan: perfil de textura instrumental do minipan elaborado.

A textura é resultado da deformação de um alimento quando mordido, prensado, cortado, etc. É nessa alteração que se tem conhecimento da dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, entre outros (TEIXEIRA, 2009).

Os parâmetros resultantes do perfil de textura instrumental para o Minipan formulado são apresentados na Tabela 8. Utilizou-se como controle (C), um Minipan elaborado com todos os ingredientes, exceto sem as quantidades dos cultivares de feijão (FFQ e FFT), mandioca (FM1) e batata-doce (FBD), as quais foram substituídas por farinha de trigo.

Tabela 8 – Parâmetros da análise de textura resultante para o Minipan formulado.

Parâmetros de textura	Controle	Minipan
Dureza (N)	85,93	144,8
Adesividade (J)	0,00	0,04
Elasticidade (mm)	93,91	55,2
Coesividade (1)	0,74	0,36
Gomosidade (N)	63,39	51,93
Mastigabilidade (N.mm)	59,6	28,77
Resiliência	39,39	17,52
Compressão (N)	79,58	149,76

Parâmetros de textura: dureza; adesividade; elasticidade; coesividade; gomosidade; mastigabilidade e resiliência das amostras do produto (Minipan) e produto (controle).

Fonte: A autora (2021).

Observamos na Figura 24 que o Minipan produzido obteve um valor mais elevado para máxima força de compressão, e, o menor valor da máxima força de compressão foi obtido pelo pão Controle. A curva resultante mostrou um material fluido, não evidenciou fraturabilidade e boa adesividade para o controle e o Minipan. Porém, esta análise indicou que a dureza (firmeza) do Minipan foi afetada em maior grau (58% maior) quando comparada ao Controle que apresentou maior maciez. Este fato pode ter sido ocasionado pela incorporação de fibras (psyllium) e, pela ausência de glúten, que por sua vez é uma proteína importante na elaboração de produtos panificados, proporcionando maciez, elasticidade e contribuindo para que as características sensoriais do produtor sejam satisfatórias.

A literatura e a legislação não apresentam valores absolutos para atribuir qual seria um perfil de textura esperado para produtos panificáveis isentos de glúten. Podemos afirmar pelos resultados obtidos que as atribuições tecnológicas do Minipan foram fortemente influenciadas pelos ingredientes e pelo tipo de processamento utilizado no preparo dele. A formulação do Minipan sofreu redução significativa para os parâmetros avaliados de elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência em relação à formulação controle. Assim, este comportamento promoveu para o Minipan, embora mais firme, de formato arredondado e de coloração uniforme (casca e miolo) características de boa estrutura e modelagem. No entanto, faz-se necessário uma análise sensorial (escala hedônica) com julgadores para avaliarmos como esta variação tecnológica afetaria

os atributos de cor, sabor, aroma, textura e a aceitabilidade do Minipan pelo consumidor.

Figura 24 – Curva resultante da análise de força máxima de compressão para o pão controle (A) e pão produto (Minipan) (B).

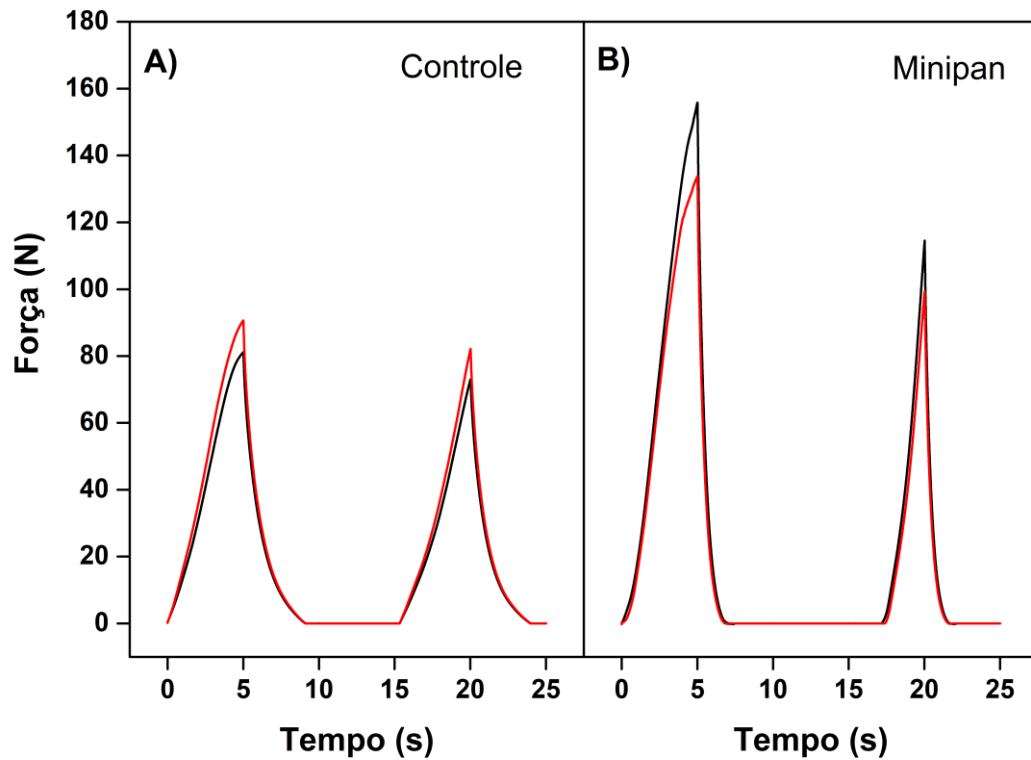
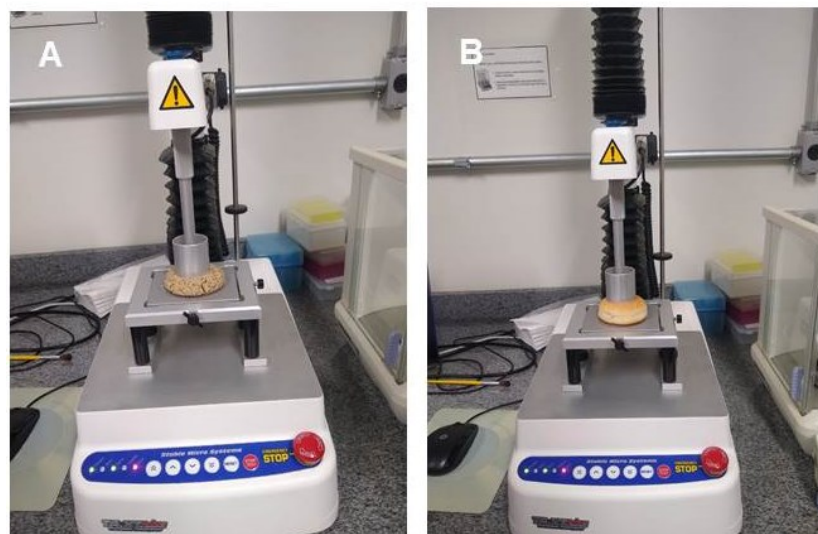


Figura 25 – Análise de textura e teste de dupla compressão em amostra para o pão produto (Minipan) (A) e pão controle (B).



Fonte: A autora, 2021.

6. CONCLUSÃO

A caracterização físico-química e mineral das farinhas de feijão (FFC, FFP, FFQ e FFT) mandioca (FM1, FM2, FM3 E FM4) e batata doce (FBD) provenientes dos novos e diferentes cultivares biofortificados de feijão (IPR Curió; BRS Paisano; Quero-quero IAPAR IPR Tuiuiú; IPR Tuiuiú, respectivamente), mandioca (BRS 396; IAC 576-70; IPR Upira; Pioneira IAPAR, respectivamente) e batata-doce (IAPAR 69) evidenciou para estas cultivares uma composição de alto valor nutritivo confirmando o potencial como alimentos biofortificados desenvolvidos como complemento alimentar para a população de baixa renda e como agentes no combate à desnutrição.

As farinhas das leguminosas, e dos tubérculos se destacaram como excelente fonte de energia, carboidratos, proteínas e minerais. De particular importância as farinhas FM1, FM3 e FBD pela presença de compostos antioxidantes, tais como, carotenoides.

O Minipan é um novo produto isento de glúten desenvolvido com incremento nutricional de Fe, Zn, P e carotenoides. Este resultado foi devido a substituição da farinha de trigo pelas farinhas preparadas, avaliadas e selecionadas neste trabalho como as de feijão (FFQ e FFT), mandioca (FM1) e batata doce (FBD) que proporcionaram valor agregado com qualidade nutricional e funcional ao Minipan, o qual pode ser uma alternativa viável para a população que tem restrições alimentares como os celíacos e os insulino não dependentes. Por outro lado, há ainda a necessidade de se explorar com mais pesquisas a qualidade tecnológica do Minipan.

7. REFERÊNCIAS

ACELPAR. Associação dos Celíacos do Brasil - Paraná (ACELPAR). 2015. Disponível em: <http://www.fenacelbra.com.br/acelpar/missao_valores_visao/>. Acesso em: 28 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC nº 263, de 17 de outubro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/leisref/public/showact.php>>. Acesso em 20 jan. 2021.

ALVARES, V. de S. Manual de classificação de farinha de mandioca. Embrapa, 2014. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198660/1/25084.pdf>> . Acesso em: 06 mar. 2021.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. de A. C. E S.; FARO, Z. P de. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233–243, mar./apr. 2006.

AMESTY-VALBUENA, A. et al. Concentraciones séricas de zinc en niños con diferentes grados de déficit nutricional. **INVESTIGACIÓN CLÍNICA**, v. 47, n. 4, p. 349–359, 2006.

ANTUNES, I. F. et al. Cultivo do feijão : cultivares BRS Paisano e BRS Intrépido. Pelotas, RS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174679/1/folder-BRS PAISANO-1.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 467–474, 2010.

ARYEE, F. N. A.; ODURO, I.; ELLIS, W. O.; AFUAKWA, J.J. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **Food Control**, v. 17, n. 11, p. 916-922, 2006.

BARBOSA, D. R. e S. B.; FONTES, L. da S.; MELO, R. de S.; ROCHA, L. I. R.; LIMA, M. S. de. Resistência De Genótipos De Feijão-Caupi Ao Ataque De Zabrotes Subfasciatus (Boheman , 1833) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 6, n. 4, p. 70–77, 2011.

BASSANI, A. B. S. **Desenvolvimento e caracterização de biscoitos elaborados com farinha mista de arroz e feijão vermelho**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Saúde) - Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

BASSINELLO, P. Z. et al. **Potencial de aproveitamento de farinhas de quirera de arroz e bandinha de feijão em biscoitos tipo cookie**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 204).

BEZERRA, V. S. **Farinhas de mandioca seca e mista**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2006.

BHATNAGAR, S.; NATCHU, U. C. M. Zinc in child health and disease. **Indian Journal of Pediatrics**, v. 71, n. 11, p. 991–995, 2004.

BORGES, T. de L.; SANTOS, T. O. dos; OLIVEIRA, T. W. N. de; MEDEIROS, S. R. A. **Caracterização Físico-Química da Farinhas de Feijão Branco (*Phaseolus vulgaris*) como Fonte de Ferro em Produtos de Panificação.** p. 25-27, 2018.

BORTOLINI, G. A.; FISBERG, M. Orientação nutricional do paciente com deficiência de ferro. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, n. SUPPL. 2, p. 105–113, 2010.

BOSCARIOL, R.; OUCHI, J. D.; GONZAGA, M. F. N.; MARAGNA, R. G. Diabetes Mellitus Tipo 2: Educação, prática de exercícios e dieta no controle glicêmico. **Revista Saúde em Foco**, n. 10, p. 138–150, 2018.

BRASIL. Portaria n. 554, de 30 de agosto de 1995. Norma de identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da farinha de mandioca. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 set. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 554 de 30 de agosto de 1995. Diário Oficial da União, Brasília, 01 set. 1995. Seção 1.

BRASIL, M. DA S. RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002. Aprova o regulamento técnico para fortificação das farinhas de trigo e das farinhas de milho com ferro e ácido fólico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, v. 2002, p. 1–5, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria No 1.793, de 11 de agosto de 2009. Institui a comissão interinstitucional para implementação, acompanhamento e monitoramento das ações de fortificação de farinhas de trigo, de milho e de seus subprodutos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 2009. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt1793_11_08_2009.html>. Acesso em: 19 jun. 2019.

BRASIL. Portaria SAS/MS nº 1.247. Aprova o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Anemia por Deficiência de Ferro. **Diário Oficial da União nº 218, de 11 de novembro de 2014**, v. seção 1, p. 42, 2014.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resolução RDC nº 52, de 07 de novembro de 2011**. Aprova o Padrão oficial de classificação da farinha de mandioca, considerando seus requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2011. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: em 14 de janeiro de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia alimentar para a população brasileira: relatório final da consulta pública. 1ª edição. Brasília - DF: Editora MS, 2015. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_relatorio_final.pdf> isBn 978-85-334-2309-1>. Acesso em: 15 set. 2020.

Brazilian Association of Nutrology. Zinc supplementation in the treatment of anorexia nervosa. **Revista da Associação Médica Brasileira** v. 59, n. 4, p. 321–324, 2013.

CAMARGO, V. C. dos S. **Avaliação in vitro de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas*) cultivar Beauregard biofortificada com carotenóides**. 2018. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Centro de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018.

CAIVANO, José L.; BUERA, Maria del P. **Color in Food Technological and Psychophysical Aspects**. United States of America: CRC Press, 2012.

CAPPA, C., LUCISANO, M., MARIOTTI, M. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. **Carboidratos Polymers**. Italy, 2013.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S. Aspectos econômicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 37).

CARDOSO FILHO, N.; SILVA, L. A.; LIMA, C. A.; ARANDIA, G. O. A. Caracterização da farinha de mandioca comercializada no Mercado Municipal em Campo Grande - MS. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 5, p. 57-68, 2012. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26030710005>>. Acesso em: 17 jan. 2021.

CARVALHO M. DA P. M.; MOURA L. L.; PAPE G. Processo de obtenção de farinha de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 551-556, 1981. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198491/1/Processo-de-obtencao-de-farinha.pdf>> Acesso em: 01 mar. 2021.

CARVALHO, J. L. V. DE; NUTTI, M. R. Biofortificação de produtos agrícolas para nutrição humana. 2012.

CARVALHO, J. L. V. DE. Novos Horizontes em Alimentos Fortificados e Suplementos Alimentares Biofortificação: Do campo a mesa, 2018. Disponível em: <<https://ilsibrasil.org/wp-content/uploads/sites/9/2018/08/11h-15-Dr.-Jose-Luiz-Viana-de-Carvalho-HarvestPlus-LAC-ILSI-2018.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2020

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003.

CHASAPIS, C. T.; LOUSIDOU, A. C.; SPILIOPOULOU, C. A.; STEFANIDOU, M. E. Zinc and human health: An update. **Archives of Toxicology**, v. 86, n. 4, p. 521–534, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-011-0775-1>>. Acesso em: 15 set. 2020.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; RAMOA JUNIOR, A. G. A. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007.

COMINETTI, C.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. F. **Zinco**. 2. ed. São Paulo, LSI Brasil-International Life Sciences Institute do Brasil, v.7, 2017, 36p.

CONAB. Volume 7 – Safra 2019 / 2020 Brasília , 2019. **Perspectivas para a agropecuária**, v. 7, p. 57–69, 2019.

CAPRILES, V. D., ARÊAS, J. A. G. Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: 446 Interface between Food Science, Nutrition, and Healths. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, n. 13, p. 871-890, 2014.

DELGADINHO, M. J. C. **Distúrbios do metabolismo do cobre , ferro e zinco**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014.

DIAS, L. T; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido. **Food Science and Technology [online]**. v. 19, p. 380-386, n. 3. 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000300015>>. Acesso em: 7 jun. 2021.

DUEÑAS, M.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; LIMÓN, R. I.; PEÑAS, E.; FRIAS, J. Effect of germination and elicitation on phenolic composition and bioactivity of kidney beans. **Food Research International**, v. 70, p. 55–63, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996915000332>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães. Brasília: **EMBRAPA – SPI**. v. 2, p. 81, 1994.

EMBRAPA. BRS 396 Nova cultivar de mandioca de mesa, de polpa amarela, para Paraná e o Mato Grosso do Sul, **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2014.

Disponível em <

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1010174/1/B396.pdf>>.

Acesso em: 01 mar. 2021.

EMBRAPA. Soluções tecnológicas: Mandioca BRS 396, **Embrapa Cerrados**, 2015.

<<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1934/mandioca---brs-396>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

EMBRAPA. Conservação do Solo é o tema da 18ª edição da Expoagro Afubra. 2018.

EMBRAPA. BRS paisano, **Embrapa Clima Temperado**, 2018 n. 53, 2018.

Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1089863/feijao-brs-paisano> >. Acesso em: 05 mar. 2021.

EMBRAPA. Harvestplus – Coordenação das atividades relacionadas ao fortalecimento de institutos de pesquisa nacionais no programa de biofortificação.

Projetos, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/207932/harvestplus---coordenacao-das-atividades-relacionadas-ao-fortalecimento-de-institutos-de-pesquisa-nacionais-no-programa-de-biofortificacao> > .

Acesso em: 06 mar. 2021.

FARIAS N. S. DE. **Processamento de hambúrguer vegetal à base de grão de bico e batata doce**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de alimentos.). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química, 2019. Disponível em: <<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/8715/1/Nat%C3%A1lia%20Silva%20de%20Farias.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

FEIJÃO BRS Paisano. Pelotas, RS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174679/1/folder-BRS-PAISANO-1.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

FENIMAN, C. M. Caracterização de raízes de mandioca (*Manihote esculenta Crantz*) do cultivar IAC576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita. 2004, 99f. Dissertação. (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Julho, 2004.

FERNANDES, A. G. Alterações das características químicas e físico-químicas do suco de goiaba (*Psidium guajava L.*) durante o processamento. 2007. 86 f.

FERNANDES, A. M. et al. CULTURA DA BATATA. **Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção**. ISSN 1678-880X Versão Eletrônica 2ª edição.[2011?] Disponível em <<https://www.embrapa.br/hortaliças/batata/como-plantar>>. Acesso em 18 jan. 2021.

FERREIRA, G. D.G.; OLIVEIRA, R. L.; CARDOSO, E. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; BRITO, E L. **Valor Nutritivo de Co-produtos da Mandioca**. Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.8, n.4, p. 364-374, 2007.

FERREIRA, F.; INÁCIO, F. Patologia associada ao trigo: Alergia IgE e não IgE mediada, doença celíaca, hipersensibilidade não celíaca, FODMAP. **Rev Port Imunoalergologia**, v. 26, n. 3, p. 171–187, 2018.

FIGUEROA , A. M. Caracterização de Amidos obtidos de diferentes feijões e sua aplicações em filmes biodegradáveis, 2016, 101f. **Dissertação** (mestrado em ciência tecnologia de alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2016.

FRANCO, V. A.; SILVA, F. A.; MIRANDA, B. M.; PÁDUA, D. R. de L. Propriedades reológicas e composição proximal da farinha de arroz e farinha de batata-doce. **Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 3, p. 113–124, 2018.

FREITAS, F. D. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1199–1203, 2006.

Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Folheto informativo**: Mandioca IAPAR 19 – PIONEIRA. Informações técnicas sobre a nova variedade.

GALE, C. R.; ASHURST, H. E.; POWERS, H. J.; MARTYN, C. N. Antioxidant vitamin status and carotid atherosclerosis in the elderly. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.74, n.3, p.402–408, 2001. Disponível em : <<https://academic.oup.com/ajcn/article/74/3/402/4739642?login=true>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

GERMANO, R. M. de A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Importância do ferro em nutrição humana. **Nutrire Rev. Soc. Bras. Aliment. Nutr**, v. 24, p. 85–104, 2002.

GESSLER, N. N.; GOMBOEVA, S. B.; SHUMAEV, K. B.; BYKHOVSKII, V. Y.; LANKIN, V. Z. Free radical lipid peroxidation inhibits enzymatic conversion of β -carotene into vitamin A. **Bulletin of Experimental Biology and Medicine**, v. 131, n. 5, p. 451–453, 2001.

GOMES, J. C.; SILVA, C. O. DA; COSTA, N. M. B.; PIROZI, M. R. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Revista Ceres**, v. 53, n. 309, p. 548-558, 2006.

GREENSPAN, F. S.; STREWLER, G. **Endocrinologia Básica & Clínica**. 7. ed. Rio de Janeiro, 2006, 524p.

GROSS, J. L.; SILVEIRO, S. P.; CAMARGO, J. L.; REICHEL, A. J.; AZEVEDO, M. J. de. Diabetes Mellito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do Controle Glicêmico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, n. 1, p. 16–26, 2002. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/abem/v46n1/a04v46n1.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2020.

GUIMARÃES, A. R. D.; SCHNEIDER, L. C. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) oriundas do Município de São Desidério – BA. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 6, p. 16820-16829. 2020.

HABER, E. P.; CURI, R.; CARVALHO, C. R. O.; CARPINELLI, A. R. Secreção da Insulina: Efeito Autócrino da Insulina e Modulação por Ácidos Graxos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 45, n. 3, p. 219–227, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/abem/v45n3/a03v45n3.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

HATAMOTO, R. Teresa Losada Valle foi indicada pelo desenvolvimento da mandioca de mesa IAC 576-70, que chega a produzir o dobro se comparada com outras variedades de mesa. IAC Notícias, São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?id=765>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

IBGE. **Área, Produção e Rendimento Médio Confronto das estimativas Abril e Maio, 2020.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso em : 14 nov. de 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. “Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos” - 4ª Edição. 1ª Edição Digital. São Paulo, 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, I. Feijão biofortificados da IAPAR tem mais teor de proteína além de mais ferro e zinco comparada a variedades. 2017.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, I. Cultivar de feijão IPR Tuiuiú. 2010.

JEDDOU, K. B.; MAKTOUF, S.; NOURI-ELLOUZ, O.; HELBERT, C. B.; GHORBEL, R. E.: Structural, functional, and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from potatoes peels. **Food Chemistry**, v. 205, p. 97-105, 2016.

LANZETTA, P. Alimentos biofortificados buscam reduzir a desnutrição da população, Embrapa Clima Temperado, 2015. Disponível <: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3254365/alimentos-biofortificados-buscam-reduzir-a-desnutricao-da-populacao>> Acessado em : 15 dez. 2020.

LAURSEN, K. H. et al. Multielemental fingerprinting as a tool for authentication of organic wheat, barley, faba bean, and potato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 9, p. 4385–4396, 2011.

LEITE, C. E. C. **Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.): potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem**, 2017, 201f. Dissertação (Mestrado em Química de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

LIMA, B. N. B. et al. Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. *Polímeros*, vol. 22, n. 5, p. 486-490, 2012

LIMA, E. D. P. de A.; FIGUEIREDO, P. C. da S.; SILVA, J. J. da; NASCIMENTO, B. M. S. do; FREIRE FILHO, F. R. Obtenção e utilização de farinha de feijões-caupi de grãos brancos na elaboração de pastel de forno. p. 1–5, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87191/1/195b.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

LIMA, U.A. Industrialização da mandioca. In: CAMARA, G.M.S. Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; KANTHACK, R. A. D. Variedades de mandioca para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo, Boletim técnico, Campinas, n. 162, 1996. 23 p.

LOUREIRO, M. P.; CUNHA, L. R. da; NASTÁRO, B. T.; PEREIRA, K. Y. dos S.; NAPOMOCENO, M. de L. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 2, p. 66–84, 2018.

LOVATO et al. Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão, **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, 2018.

MARANGONI JÚNIOR, L. **Chips de batata-doce biofortificada: desenvolvimento do produto e estudo de estabilidade em diferentes sistemas de embalagem.** 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2017.

MARIANI, M.; OLIVEIRA, V. R. de; FACCIN, R.; RIOS, A. de O.; VENZKE, J. G. Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten a partir de farelo de arroz e farinhas de arroz e de soja. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 70–78, 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v18n1/1981-6723-bjft-18-1-70.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MARQUEZI M. **Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*)**, 2013, 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARZO, F.; ALONSO, R.; URDANETA, E.; ARRICIBITA, F. J.; IBÁÑEZ, F. Nutritional quality of extruded kidney bean (*Phaseolus vulgaris, L. var. Pinto*) and its effects on growth and skeletal muscle nitrogen fractions in rats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 875-879, 2002.

MATTOS, P. L P.; CARDOSO, Eloisa M R. **Cultivo da mandioca para o estado do Pará.** Embrapa mandioca e fruticultura, 2003.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris L.*) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; SANFIZ, B.; VIDAL, A.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R.; LÓPEZ-ANDRÉU, F. J. Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and antinutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 52, p. 261-266, 2004.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1114-1121, 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n4/26.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MOREIRA, I. C. M. **Anemia em adolescentes, prevalência e factores associados: o papel do Helicobacter pylori**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/55395/2/Dissertao%20Tese.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

NASSAR, N. M. A. Mandioca. Departamento de Genética e Morfologia, Universidade de Brasília. **Ciência hoje**, vol.39, n. 231, 2006.

NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação, **Tabela brasileira de composição de alimentos** - 4. ed. 2011, 161 p.

NUTTI, M. R. et al. Biofortificação de alimentos para combater a desnutrição no Brasil. **Development**, 2010.

OJIMELUKEW, P. C.; ONUOHA, C. C.; OBANU, Z. A. Effects of processing and in vitro proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 47, n. 4, p. 293–299, 1995.

OLIVEIRA, A. C. de; QUEIROZ, K. da S.; HELBIG, E.; REIS, S. M. P. M.; CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas , v. 51, n. 3, p. 276-283, sept. 2001 . Disponível em: <http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222001000300010&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 set. 2020.

OLIVEIRA, N. M.; GUZATTI, N. C.; RIBEIRO, C. A. S.; MORAIS, M. I. **Custos na produção de batata doce: Análise em uma pequena propriedade localizada no município de Tangará da Serra-MT**. In: Congresso nacional de excelência em gestão, 9, 2016.

OLSON, J. A. Bioavailability of carotenoids. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 49, p. (3 Suppl 1): 21S-25S., 1999.

OSGANIAN, S. K. et al. Dietary carotenoids and risk of coronary artery disease in women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 6, p. 1390–1399, 2003.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**; Campinas: IAC; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 116p. 2002.

PEREIRA, H. S. et al. Cultivares de Feijão com Maiores Teores de Ferro , Zinco e Proteína nos Grãos. n. Circular Técnico 243, p. 8, 2018.

PIMENTEL, M. IPR Upira: boa para o produtor e o mercado. **Jornal dia de campo**, 2012. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=27159&secao=Pacotes%20Tecnol%F3gicos>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

PINHEIRO, C.; BAETA, J. P.; PEREIRA, A. M.; DOMINGUES, H.; RICARDO, C. P. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. Germplasm. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, p. 319-325, June 2010.

PINTO, J. V. **Propriedade físicas, químicas , nutricionais e tecnológicas de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) de diferentes grupos de cor.** 2016. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia da Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2016.

PIRES, C. V. et al. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, 2005.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Physicochemical composition of different cultivars of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentação e Nutrição**, v. 16, p. 157-162, 2005.

PORCU, O. M. **Fatores que influenciam na composição de carotenoides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados.** 2004. 131 f. Tese. (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PORCU, O. M. **Desenvolvimento de produtos alimentícios com valor funcional agregado: uma alternativa agroindustrial.** 1 Ed., Curitiba, PR: CRV, 2018.

RAMÍREZ-CÁRDENASI, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

REPÚBLICA, P. DA. LEI Nº 8.974, DE 5 DE JANEIRO DE 1995. 1995.

REPUBLICA, P. DA. **DECRETO Nº 4.680, DE 24 DE ABRIL DE 2003**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4680.htm>. Acesso em: 01 jan. 2021.

REYES-BASTIDAS, M. et al. Physicochemical, nutritional and antioxidant properties of tempeh flour common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science Technology International**, v. 16, n. 5, p. 427-434, 2010.

RIBEIRO H. J. S. da S.; PRUDENCIO, S. H.; MIYAGUI, D. T.; RIBEIRO, E. L. de A. Caracterização de concentrado proteico de feijão comum preto, cultivar lapar 44, novo e envelhecido. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 571-580 2009.

RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. **Semina Ciências Agrárias**, v. 31, n. SUPPL. 1, p. 1367–1376, 2010.

RIOS, S. de A.; ALVES, K. R.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 713–718, 2009. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/20692>>. Acesso em: 08 jan. 2021.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYAFARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. In: PREEDY, R. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (Eds.). Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. London; Burlington; San Diego: **Academic Press; Elsevier**, 2011. chap. 28, p. 301-311.

SAHA, S.; SINGH, G.; MAHAJAN, V.; GUPTA, H. S. Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 174-180, 2009.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S. & KULKARNI, P. R. Resistant Starch-A Review **Rev. Food Sci. Food Safety**.n 5, p.1, 2006.

VAN SOEST, J. J. G.; Vliegenthart, J. F. G. Crystallinity in starch plastics: consequences for material properties, **Tibtech**, n15, p.208, 1997.

SANOUSI, A. F.; ADJATIN, A.; DANSI, A.; ADEBOWALE, A.; SANNI, L. O.; SANNI, A. Mineral composition of ten elites sweet potato (*Ipomoea Batatas* [L.] Lam.) landraces of Benin. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 1, p. 103-115, 2016.

SAÚDE, M. DA. Programa Nacional de Suplementação de Ferro - Manual de Condutas Gerais. **Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica**, p. 1-27, 2013.

SDEPANIAN, V. L.; MORAIS, M. B. de; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: A evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 36, n. 4, p. 244-257, 1999.

SICHERI, R. Consumo alimentar no Brasil e o desafio da alimentação saudável. **Revista de Extensão universitária da UFS**, v. 34, n. 145, p. 4, 2013.

SILVA, A. G. DA; ROCHA, L. C.; BRAZACA, S. G. C. Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of comun bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 591–598, 2009.

SILVA, T. S. DA G. E; FURLANETTO, T. W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 122–126, 2010.

SILVA, R. DE S. et al. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal-PB, v. 14, n. 01, p. 127-131, 2020.

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C. & MORRILL, T. C. - “Infrared Spectrometry”. in: Spectrometric Identification of Organic Compound, p.91, John Wiley & Sons, Singapura (1991).

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races Of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris*, *Fabaceae*). **Economic Botany**, v. 45, p. 379–396, 1991.

SOARES, A. G.; FREIRE - JÚNIOR; SIQUEIRA, R. S. Curso de higiene e sanificação na indústria de alimentos. Rio de Janeiro, **Embrapa – CTAA**, 1992. 97 p.

SOARES, A. L. et al. Alterações do sistema hemostático nos pacientes com diabetes melito tipo 2. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, n. 6, p. 482–488, 2010.

SOUZA, A. M. Bolo Sem Glúten E Sem Lactose : Elaboração e caracterização do produto. 2017.

TEIXEIRA, L. V. Análise Sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic.** n 366, v. 64, p.12-21, 2009.

TIRONI, L. F.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SAMBORANHA, F. K.; FREITAS, C. P. O.; SILVA, M. R. **Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical.** 2014.

UK PROSPECTIVE DIABETES STUDY (UKPDS) GROUP. Intensive Blood-Glucose Control with Sulfonylureas or Insulin Compared with Conventional Treatment and Risk of Complications in Patients with Type 2 Diabetes. **Lancet**, v. 352, n. 9131, p. 837–853, 1998.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – **TACO**. Versão 2. Segunda Edição, Campinas, SP, 2006.

VAN JAARSVELD, P. J.; MARAIS, D. W.; HARMSE, E.; NESTEL, P.; RODRIGUES-AMAYA, D. B. Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 4, p. 321-329, 2006.

VASCONCELOS, A. A. et al. Determinação dos Teores de Cu, Fe, Mn e Zn por FAAS em Raízes de Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) da Amazônia Oriental. **Rev. Virtual Quim**, v. 9, n. 6, p. 2316-2331, 2017.

VIANA, L. M.; PIRES, C. V.; MACEDO, M. C. C.; TROMBETE, F. M.; SILVA, L. S. Aspectos da qualidade de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) artesanais produzidas no município de Santana de Pirapama/MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 30, p. 23, 2019.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. dos S.; CASTRO, L. A. S. de; RAPHAELLI, C. de O.; KROLOW, A. C. Mineral composition of sweet potato genotypes with coloured pulps and their consumption adequacy for risk groups. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 21, 2018.

WANNER, C.; DRECHSLER, C.; KRANE, V. Lipid Metabolism in Chronic Kidney Disease: The Role of Statins in Cardiovascular Risk. **Journal of Renal Nutrition**, v. 17, n. 1, p. 75–78, 2007.

WARTHA, E. R. S. DE A. et al. Características química, tecnológica, nutricional e sensorial de batata-doce biofortificada, In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, São Paulo. **Anais, Brasília, DF : Embrapa**, p.4, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guideline: Daily iron and folic acid supplementation in pregnant women. **World Health Organization**, p. 32, 2012.

XAVIER, D. **Desenvolvimento de produto alimentício à base de farinha de trigo integral e ingredientes funcionais**, 2013, 188f. Dissertação (Mestrado em Química de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

ZAMBLIAZI, R.C. **Análise Físico-química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010. **SAS Institute. System for Information**, versão 8.0. Cary, 2007. 1 CD Rw.

ZANDONADI, R. P; BOTELHO, R. B.; ARAÚJO, W. M. Psyllium as a Substitute for Gluten in Bread. **J Am Diet Assoc.** ed 109: p.1781-1784. Brazil, 2009.

ZANIN, T. 6 principais benefícios da farinha de feijão branco para a saúde. 2021. Disponível em : <<https://www.tuasaude.com/receita-de-farinha-e-feijao-branco/>>. Acesso em: 20 out. 2020.

ZUCCO, F.; BORSUK, Y.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. **LWT - Food Science and Technology, Campinas**, v. 44, n. 10, p. 2070–2076, 2011.

APÊNDICE

Apêndice A - Estatística descritiva das amostras de farinha de Feijão, Mandioca e Batata-doce.

Tabela 1 – Avaliação físico-química resultante das cultivares das farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.

Farinhas	Teor de	Teor de	Teor de	AW	pH
	Acidez	Umidade	Cinzas		
	%				
FFC	12,98±1,60	4,21±0,14	4,14±0,01	0,441±0,01	6,50±0,00
FFP	16,45±1,70	2,54±0,16	6,30±1,50	0,404±0,01	6,00±0,00
FFQ	13,93±1,70	4,19±0,06	4,12±0,015	0,424±0,00	6,00±0,00
FFT	15,20±1,30	2,98±0,09	4,48±0,11	0,418±0,03	6,50±0,00
FM1	18,99±0,03	8,56±0,08	3,62±0,016	0,455±0,00	6,00±0,00
FM2	11,39±0,01	7,52±0,09	2,13±0,02	0,395±0,2	6,00±0,00
FM3	11,38±0,01	9,39±0,03	2,31±0,02	0,440±0,01	6,00±0,00
FM4	7,60±0,00	7,92±0,09	2,49±0,30	0,416±0,01	7,00±0,00
FBD	18,99±0,02	8,98±0,02	2,87±0,02	0,463±0,02	6,00±0,00
CV%	12,49	2,56	12,50	3,71	0,00

Fonte: A autora (2021).

Tabela 2 – Avaliação centesimal e de conteúdo energético resultante das cultivares de farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.

Farinhas	Teor de	Teor de	Teor de	Conteúdo
	Carboidratos	Lipídeos	Proteínas	Energético
	%			KJ/g
FFC	70,14±0,56	2,19±0,17	19,28±0,39	17,60±0,00
FFP	70,59±0,71	1,42±0,05	19,13±1,50	17,50±0,00
FFQ	69,65±0,04	2,06±0,05	19,95±0,02	17,60±0,00
FFT	67,46±0,22	2,51±0,10	22,54±0,33	17,90±0,00
FM1	84,90±0,06	0,36±0,01	2,55±0,00	15,80±0,00
FM2	80,17±0,25	0,46±0,02	0,70±0,20	16,00±0,00
FM3	84,99±0,05	0,37±0,00	2,91±0,09	16,10±0,00
FM4	86,14±0,41	0,46±0,01	2,97±0,35	16,00±0,00
FBD	86,66±0,22	0,65±0,01	0,709±0,20	16,10±0,00
CV%	1,44	8,57	6,81	0,00

Fonte: A autora (2021).

Tabela 3 – Avaliação resultante da composição mineral das cultivares de farinhas de Feijão, Mandioca e Batata-doce.

Farinhas	Teor de Ferro	Teor de Zinco	Teor de Fósforo total
	mg/100 g		
FFC	5,17±0,07	1,60±0,01	317,10±1,20
FFP	7,90±0,01	2,35±0,01	398,48±0,96
FFQ	7,64±0,01	1,87±0,01	398,48±0,96
FFT	6,65±0,02	1,93±0,01	412,33±1,20
FM1	5,52±0,03	1,64±0,03	398,48±0,96
FM2	5,62±0,01	1,77±0,01	38,55±0,31
FM3	5,29±0,03	1,17±0,01	51,82±0,14
FM4	5,71±0,01	1,53±0,02	49,11±0,36
FBD	6,40±0,02	0,95±0,02	188,50±0,26
CV%	0,62	1,40	0,70

Fonte: A autora (2021)

Apêndice B - Estatística descritiva para parâmetros de cor das amostras de Feijão para grão e farinha.

Tabela 4 – Avaliação colorimétrica resultantes das amostras dos grãos de Feijão.

							(continua)
Grão	L	A	B	X	Y	Z	
GFC	35,93± 0,62	3,08±0,24	5,84±0,21	12,88±0,45	12,91±0,45	10,66±0,52	
GFP	26,57±1,21	-0,47±0,4	0,78±0,22	6,66±0,66	7,08±0,70	7,38±0,79	
GFQ	33,70±0,00	2,74±0,01	5,40±0,00	11,30±0,00	11,36±0,00	9,42±0,00	
GFT	25,13±0,05	-0,53±0,13	0,84±0,26	5,93±0,26	6,32±0,28	6,54±0,27	
CV%	3,12	14,50	7,80	5,60	5,70	7,10	

Grão	x	y	L*	a*	b*	C*	h
GFC	0,35±0,00	0,35±0,01	42,62±0,69	4,12±0,32	8,91±0,40	9,82±0,47	65,23±1,10
GFP	0,32±0,00	0,34±0,01	31,94±0,00	-0,71±0,09	1,23±0,37	1,44±0,30	121,74±0,38
GFQ	0,35±0,00	0,35±0,01	40,18±0,00	3,75±0,01	8,40±0,00	9,20±0,00	65,96±0,04
GFT	0,32±0,00	0,34±0,01	30,20±0,00	-0,82±0,20	1,34±0,20	1,57±0,46	122,26±1,10
CV%	0,50	0,50	3,20	15,10	8,50	8,10	7,00

Fonte: A autora (2021).

Tabela 5 – Avaliação colorimétrica resultantes das amostras de farinhas de Feijão.

Farinhas	(continua)					
	L	A	B	X	Y	Z
FFC	54,25±0,24	1,02±0,07	5,45±0,24	28,28±0,26	29,43±0,27	27,26±0,37
FFP	51,64±0,64	0,15±0,06	4,75±0,18	25,40±0,64	26,67±0,66	25,07±0,78
FFQ	56,11±0,54	0,52±0,13	4,22±0,00	30,09±0,59	31,49±0,60	30,45±0,64
FFT	52,33±0,57	0,13±0,04	3,54±0,13	26,07±0,58	27,38±0,60	26,81±0,50
CV%	1,20	12,80	8,70	2,40	2,40	2,70

Farinhas	x	y	L*	a*	b*	C*	h
FFC	0,33±0,00	0,35±0,00	61,16±0,23	1,21±0,09	6,99±0,09	7,09±0,34	80,21±0,37
FFP	0,33±0,00	0,35±0,00	58,67±0,62	0,19±0,08	6,17±0,27	6,17±0,26	88,25±0,88
FFQ	0,33±0,00	0,34±0,00	62,91±0,50	0,61±0,16	5,28±0,69	5,31±0,70	83,58±0,95
FFT	0,32±0,00	0,34±0,00	59,32±0,54	0,16±0,05	4,51±0,16	4,52±0,16	88,03±0,55
CV%	0,40	0,40	1,00	12,80	9,00	9,00	1,10

Fonte: A autora (2021).