

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

LETÍCIA CAROLINE DUBINSKI DE FARIAS PINELLI

**ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS (COMDIM) PARA A
AVALIAÇÃO DE FARINHAS COMESTÍVEIS POR
ESPECTROSCOPIA NIR E TEXTURÔMETRO**

CAMPO MOURÃO

2018

LETICIA CAROLINE DUBINSKI DE FARIAS PINELLI

**ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS (COMDIM) PARA A
AVALIAÇÃO DE FARINHAS COMESTÍVEIS POR
ESPECTROSCOPIA NIR E TEXTURÔMETRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas.

Orientador: Prof. Dr^a Patrícia Valderrama

CAMPO MOURÃO

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P651

Pinelli, Leticia Caroline Dubinski de Farias

Análise de dados multi-tabelas (COMDIM) para a avaliação de farinhas comestíveis por espectroscopia NIR e texturômetro / Leticia Caroline Dubinski de Farias Pinelli. — Campo Mourão, 2018.

44 f. : il. color ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Valderrama

Dissertação (Mestrado Profissional) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Farinha - Características físico-químicas. 2. Espectrometria de massa 3. Alimentos - Teor de glúten 4. Inovações tecnológicas – Dissertações. I. Valderrama, Patrícia. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas. III. Título.

CDD 658.514



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas
Mestrado em Inovações Tecnológicas



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS (COMDIM) PARA A AVALIAÇÃO DE FARINHAS
COMESTÍVEIS POR ESPECTROSCOPIA NIR E TEXTURÔMETRO**

por

LETICIA CAROLINE DUBINSKI DE FARIAS PINELLI

Esta Dissertação foi apresentada em 03 de Maio de 2018 como requisito para a obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Patrícia Valderrama
Orientadora

Prof. Dr. Wyrllen Everson de Souza
PPGIT – UTFPR – Campo Mourão

Profa. Dra. Roberta de Souza Leone
Departamento de Engenharia e Tecnologia de
Alimentos – UTFPR – Campo Mourão

Prof. Dr. Elton Guntendorfer Bonafé
Programa de Pós-Graduação em Ciência de
Alimentos – Universidade Estadual de Maringá

O TERMO DE APROVAÇÃO ASSINADO ENCONTRA-SE NA COORDENAÇÃO DO CURSO

Dedico este trabalho aos meus pais Josefa Dubinski de Farias e Devanil dos Santos Lopes de Farias, que são exemplos de dedicação, trabalho, incentivo e amor, em especial ao meu marido Magno José Pinelli, que com paciência e amor colaborou para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida, saúde, coragem e determinação pela busca e aperfeiçoamento do conhecimento que tem me concedido a cada dia.

Pelo imenso carinho de meus pais Josefa e Devanil, que sempre estiveram presentes em todos os momentos de minha vida, me dando força e apoio para vencer os diversos obstáculos da vida.

Ao meu marido e companheiro Magno, meu agradecimento em especial, por compreender minhas dificuldades, seu valioso e incansável apoio foi definitivo em todos os momentos deste trabalho.

Agradeço, a minha orientadora Prof. Dr^a. Patrícia Valderrama, pelo apoio e orientação na realização desta pesquisa.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e coordenação do curso do PPGIT, por me oportunizar um aperfeiçoamento profissional.

Agradeço as colegas Ranielly e Thaysa que auxiliaram nesta pesquisa, obrigado pela colaboração.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

PINELLI, Letícia Caroline Dubinski de Farias. **ANÁLISE DE DADOS MULTITABELAS (COMDIM) PARA A AVALIAÇÃO DE FARINHAS COMESTÍVEIS POR ESPECTROSCOPIA NIR E TEXTURÔMETRO**. 2018. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

As farinhas são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos. A farinha de trigo é a farinha com maior importância tecnológica na indústria de alimentos, pois é componente majoritário de pães, biscoitos, bolos e massas. A proteína do glúten é responsável pelas características muito desejadas de extensibilidade e coesividade da farinha de trigo, porém, está associada a doença celíaca. Na busca de farinhas para substituir a farinha de trigo, faz-se necessário o uso de técnicas analíticas tradicionais. Métodos analíticos empregados para as análises tradicionais de farinhas envolvem técnicas demoradas, utilizando reagentes químicos, além de gerar resíduos. Desta forma, o desenvolvimento de metodologias alternativas para esta finalidade pode trazer benefícios tanto para as indústrias, órgãos reguladores, analistas, quanto aos consumidores. Este estudo propõe a utilização de espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR) associada à ferramenta de análise multitabelas (ComDim) para a caracterização das farinhas quanto aos parâmetros de textura identificados por um texturômetro. Foi possível inferir sobre similaridades e diferenças entre as amostras de acordo com a absorção na região NIR, bem como com relação aos parâmetros de textura. As farinhas isentas de glúten: arroz, arroz integral, banana, batata doce, berinjela, yacon, fécula de mandioca, linhaça dourada e açaí apresentam características semelhantes à farinha de trigo, trigo integral e aveia relativas à adesividade, elasticidade e coesão. As farinhas sem glúten de milho, milho branca, linhaça marrom, soja, casca de maracujá, maracujá, gengibre, amaranto, chia, coco, mandioca e uva apresentam características similares quanto à dureza, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. As farinhas isentas de glúten e com características específicas de textura podem ser uma alternativa para a formulação de produtos alimentícios colaborando com a qualidade do produto final, principalmente para a área da panificação.

Palavra-chave: Farinhas, Espectroscopia, Textura, Multi-tabelas.

ABSTRACT

PINELLI, Letícia Caroline Dubinski de Farias. **MULTI-TABLES DATA ANALYSIS (COMDIM) FOR THE EVALUATION OF EDIBLE FLOURS BY NIR SPECTROSCOPY AND TEXTUROMETER.** 2018. Dissertation (Master in Technological Innovations) - Federal Technology University - Paraná. Campo Mourão, 2018.

Flours are products obtained from edible parts of one or more species of cereals, legumes, fruits, seeds, tubers and rhizomes by milling and / or other technological processes considered safe for food production. Wheat flour is the most technologically important flour in the food industry, as it is a major component of breads, biscuits, cakes and pastas. Gluten protein is responsible for the very desirable characteristics of wheat flour's extensibility and cohesiveness but is associated with celiac disease. In the search for flour to replace wheat flour, it is necessary to use traditional analytical techniques. Analytical methods employed for traditional flour analyzes involve time-consuming techniques, using chemical reagents, as well as generating residues. In this way, the development of alternative methodologies for this purpose can bring benefits to industries, regulators, analysts, and consumers alike. This study proposes the use of spectroscopy in the near infrared (NIR) region associated to the multi-table analysis tool (ComDim) for the characterization of the flour in relation to the texture parameters identified by a texturometer. It was possible to infer about similarities and differences between the samples according to the absorption in the NIR region, as well as with respect to the texture parameters. Gluten-free meals: rice, brown rice, banana, sweet potatoes, eggplant, yacon, cassava starch, golden flax and açaí present characteristics similar to wheat flour, whole wheat and oats for adhesiveness, elasticity and cohesion. Gluten-free maize, white corn, brown flax, soybean, passion fruit peel, passion fruit, ginger, amaranth, chia, coconut, cassava and grapes have similar characteristics regarding hardness, gum, masticability and resilience. Gluten-free flours with specific texture characteristics may be an alternative for the formulation of food products, contributing to the quality of the final product, especially for the baking area.

Keywords: Flour, Spectroscopy, Texture, Multi-tables.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do Glúten	18
Figura 2 - (A) Mucosa no intestino delgado com vilosidades atrofiadas, (B) Mucosa no intestino delgado com vilosidades normais	19
Figura 3 - Etapas da Aplicação do Método ComDim.....	25
Figura 4 - Texturômetro modelo TA-XT Express.....	28
Figura 5 - Espectros NIR de diferentes farinhas.....	29
Figura 6 - Resultado da análise multi-tabelas ComDim.....	34
Figura 7 - Estrutura primária de uma proteína.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas de diferentes farinhas.....	15
Tabela 2 - Parâmetros de Textura TPA	22
Tabela 3 - Texturômetro, sendo (1) Dureza (2) Fraturabilidade (3) Adesividade (4) Elasticidade (5) Mastigabilidade (6) Gomosidade (7) Coesividade (8) Resiliência.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

CC	Componente Comum
D.C	Doença Celíaca
TPA	Texture Profile Analysis
PCA	Análise por Componentes Principais

LISTA DE SIGLAS

USDA	United States Department of Agriculture
HPLC	Cromatografia Líquida de alta eficiência

LISTA DE ACRÔNIMOS

ComDim	Common componentes and Specific Weights Analysis
ELIZA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
LIBS	Induced breakdown spectroscopy
NIR	Espectroscopia no infravermelho Próximo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos	14
3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FARINHAS	15
3.1 Proteínas do Glúten	17
3.1.1 Doença Celíaca (DC).....	18
3.2 Farinhas sem Glúten	20
3.3 Controle de Qualidade e Métodos Instrumentais	21
3.4 Quimiometria	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Amostral	27
4.2 Análise Espectral.....	27
4.3 Análise de Textura	27
4.4 Análise Quimiométrica (ComDim)	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A farinha é um ingrediente predominante em vários produtos alimentícios, incluindo pão, bolos, biscoitos e macarrão. Tem-se verificado uma inserção gradativa ao mercado consumidor de diversas farinhas com parâmetros específicos de qualidade nutricional e tecnológico para a produção de alimentos (COSTA et al., 2007).

De acordo com a Legislação Brasileira, farinha é o produto obtido da moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer processos tecnológicos adequados, devendo o produto ser denominado de farinha seguido do nome do vegetal de origem, citando como exemplos, "farinha de arroz", "farinha de mandioca", "farinha de batata-doce", "farinha de banana" entre outros. Sua classificação varia de acordo com suas características físicas, químicas, enzimáticas e reológicas, podendo ser considerada uma farinha simples, no qual ocorre a moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de forma individual, ou farinha mista, obtida através de diferentes espécies vegetais (BRASIL, 1978). Dentre as diversas farinhas inseridas no mercado, a que mais se destaca é a farinha de trigo consumida em grande escala no Brasil, com inúmeras aplicações na indústria de alimentos. Do ponto de vista teórico todo grão inteiro pode ser transformado em farinha através do processo de moagem (GRAÇA, 2017).

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo, podendo ser fabricado utilizando farinhas de cereais, centeio, cevada, soja, milho e outros grãos que podem substituir o trigo de forma parcial ou integral, (LEMOS et al., 2012; LACERDA et al., 2009; MARTINEZ et al., 2014), melhorando qualidade nutricional, ou para atender a um público específico geneticamente predispostos a intolerância a ingestão do glúten. Entretanto, fatores como clima, solo, manejo, cultivo, colheita, secagem e armazenamento garantem particularidades específicas relativas a textura, adesividade, elasticidade, resiliência, coesão e viscosidade para cada tipo de farinha (GRAÇA, 2017).

Algumas pessoas são sucessíveis a Doença Celíaca (DC) geneticamente em decorrência da ingestão de glúten. Essas pessoas são sensíveis as prolaminas, chamadas como gliadinas, que estão presentes na fração do glúten, amplamente encontrado na farinha de trigo. Toda pessoa celíaca, assim que diagnosticada, deve interromper a ingestão de alimentos que contenham glúten, substituindo por milho, arroz, soja, batata, mandioca entre outros. Esta é a melhor forma de preservar indivíduos portadores desta patologia e assim manter sua saúde e bem-estar (MARIANI et al., 2015).

O desenvolvimento e fabricação de alimentos sem glúten tornam-se um desafio para os profissionais da área, já que pães, bolos, biscoitos, pizzas e massas são, normalmente, elaborados a partir de farinha de trigo e fazem parte dos hábitos alimentares (GALLAGHER et al., 2004). Com a impossibilidade no consumo de farinha de trigo os pesquisadores da área de alimentos procuram tipos de farinhas alternativas e sem glúten que possa substituir a farinha de trigo (FRANCO, 2015), sem alterar as características do produto, ou pelo menos, garantir o mínimo de alterações.

A obtenção de produtos sem glúten não é um processo fácil uma vez que a farinha de trigo confere resultados peculiares em relação à textura (GRAÇA et al., 2017). Isto acontece devido ao glúten proporcionar a elasticidade necessária para a massa expandir com os gases produzidos no processo de fermentação e a força para manter os gases no meio da massa, no qual a massa cresce de forma macia e aerada. Caso contrário apresentará baixo volume, miolo firme e 'borrachento'. (STUPPIELLO, 2013).

A disponibilidade de novos tipos de farinha ganhou destaque, sendo comercializado atualmente farinhas de uva, maracujá, quinoa, yacon, batata doce, arroz, berinjela, coco, gengibre, soja, açai, banana verde, chia, entre outras. Portanto, é necessário desenvolver estratégias para a ampliação dos estudos sobre as características das farinhas, suas propriedades de textura, com diferentes aplicações na área alimentícia.

2. OBJETIVO

2.1 Geral

- Empregar a análise multi-tabelas (ComDim) para avaliar informações sobre um conjunto de amostras de farinhas.

2.2 Específicos

- Utilizar a espectroscopia NIR e o perfil de textura (TPA) no estudo das farinhas de açaí, amaranto, arroz, arroz integral, aveia, banana, batata doce, berinjela, casca de maracujá, centeio, chia, coco, maracujá, uva, gengibre, fécula de mandioca, linhaça dourada, linhaça marrom, mandioca branca, milho, soja, trigo, milho branca, trigo integral e yacon, através da análise multi-tabelas (ComDim) para identificar os padrões de semelhanças e diferenças entre as amostras.
- Analisar as propriedades físico-químicas das farinhas utilizando o texturômetro.
- Identificar farinhas sem glúten com parâmetros de textura semelhantes à farinha de trigo.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FARINHAS

A composição química das farinhas varia de acordo com cada tipo de farinha, o que atribui suas características funcionais e tecnológicas, juntamente com as propriedades estruturais e reológicas, que definem a qualidade da farinha e a qual área poderá ser direcionada (SCHERUER et al., 2011). As propriedades tecnológicas dos alimentos afetam diretamente as características nutritivas e sensoriais dos produtos, além de ter um importante papel físico na preparação, processamento ou estocagem dos alimentos, uma vez que estão relacionadas com a capacidade de hidratação. Por este motivo o monitoramento através de métodos de caracterização padrão com base na umidade, proteína, glúten, minerais e cinzas, carboidratos e lipídeos, são amplamente utilizados para classificar cada tipo de farinha. As características ou a composição centesimal de algumas farinhas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características químicas de diferentes farinhas.

Composição Centesimal							
Tipos de Farinhas	Umidade	Proteína	Carboidratos	Minerais/Cinzas	Lipídios	Fibras	Referências
Trigo	13-15	9-12	75-78	1-2	1,4-2	2,3-3	<i>Taco. (2015)</i>
Arroz	11-12	1,3-2	84-85	0,2-1	0,6-1	0,3-1	<i>Taco. (2015)</i>
Soja	5,8-6	35-36	38,4-39	5,1-6	14,6-15	20-21	<i>Taco. (2015)</i>
Aveia	6-7	17-18	53-54	1-2	8-9	21-22	<i>Sá et al. (1998)</i>
Linhaça Marrom	6,5-7	19-19,5	9-9,5	2-2,8	30-33	28-29	<i>Barroso et al. (2014)</i>
Linhaça Dourada	7-8	20-22	10-10,5	2,5-3	33-34	22-23	<i>Barroso et al. (2014)</i>
Mandioca	9-10	1,6-2	87-89	0,9-1	0,3-0,5	6,4-7	<i>Taco. (2015)</i>
Fecúla de Mandioca	17-18	0,5-1	81-83	0,3-0,5	0,3-0,5	0,6-1	<i>Taco. (2015)</i>
Banana Verde	-	14-15	8-9	2-2,2	67-68	5-6	<i>Medeiros et al. (2010)</i>
Quinoa	10-11	11-13	60-69	1-2	4-5,5	8-9	<i>Gewehr et al. (2012)</i>
Amaranto	10-11	14-16,6	70-75	2-4	6,8	8-7	<i>Bianchini et al. (2014)</i>

Integral	-	5-6	75-76	0,5-0,7	0,5-1	-	<i>USDA. (2008)</i>
Milho	11-12	7-8	79-80	0,5-1	1,5-2	5,5-6	<i>Taco. (2015)</i>
Centeio Integral	10-11	12,5-13	73-74	1,7-2	1,8-2	15-16	<i>Taco. (2015)</i>
Centeio	10-12,5	12-13	75-76	1,8-2,2	1-2	-	<i>USDA. (2008)</i>
Casca de Uva	10-14	6-7	17-18	12-13	5-5,4	58-59	<i>Bender et al. (2015)</i>
Coco	42-43	3,7-4	10,2-11	-	42-43	5-6	<i>Maia et al. (2015)</i>
Beterraba	2-4	12-13	53-55	4-6	0,3-1	24-26	<i>Filho et al. (2011)</i>
Batata Doce	12-16	1,3-2	28-29	0,9-1	-	2,6-3	<i>Sousa et al. (2015)</i>

Fonte: Autoria Própria.

O destino final das farinhas é variado. No entanto, a maioria segue para a área de panificação na elaboração de pães e massas em suas diferentes versões, por isso, a grande necessidade de conhecer os principais constituintes, já que os mesmos conferem as características quanto a textura da massa (SCHERUER et al., 2011). O desenvolvimento de novos produtos torna este fator uma fonte muito interessante de estudos, uma vez que são várias as opções de matérias-primas para a produção de farinha.

O trigo é considerado um dos cereais mais usados na fabricação de pães, justamente por apresentar em sua composição proteínas do glúten (gliadina e glutenina), responsáveis pela textura, em quantidade consideradas ideais para a qualidade dos produtos panificáveis. Em alguns países como a Alemanha, o trigo é substituído por farinha de centeio que também contém glúten, assim como outros cereais usados em menor escala (GOESAERT et al, 2005).

Apesar do trigo ter qualidades favoráveis à fabricação de pães e massas, existem diversos trabalhos na literatura que estudaram a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação (MARTINEZ et al., 2014; LEMOS et al., 2012; LACERDA et al., 2009; CÉSAR et al., 2006), seja para atender a um público específico de portadores da doença celíaca, seja para melhoria da qualidade nutricional, ou para quem busca produtos com atrativos mais saudáveis, como a presença de fibras e compostos bioativos. No entanto, a substituição total da farinha de trigo representa uma grande dificuldade para obtenção de produtos panificáveis, sendo necessária a introdução e combinação de

diversos ingredientes, assim como mudanças nas técnicas tradicionais de preparo, mudanças de textura, sabor, aparência e hidratação, com objetivo de processar produtos sensorial e tecnologicamente aceitáveis (CAPRILES et al., 2011).

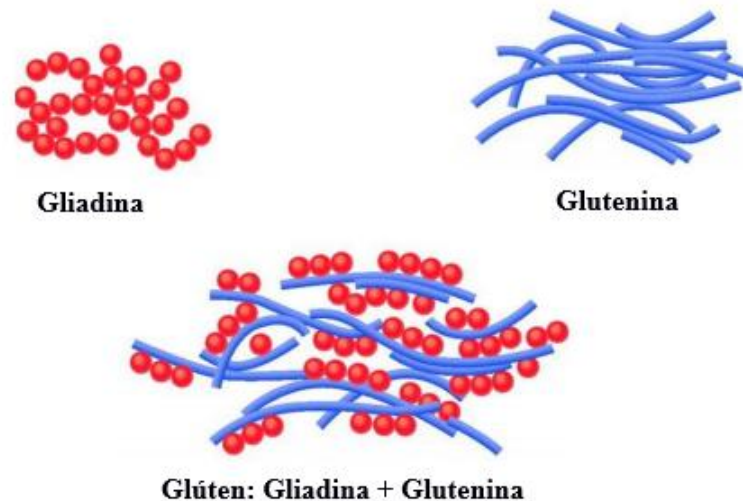
3.1 Proteínas do Glúten

O principal constituinte dos grãos de cereais é o amido, seguido em quantidade pelas proteínas com aproximadamente 10 a 15% do peso dos grãos desconsiderando a umidade (SGARBIERI, 1996). As proteínas são polímeros orgânicos formados por cadeias de aminoácidos unidos entre si por ligações peptídicas entre o grupo carboxila (-COOH) de um aminoácido e o grupo amino (-NH₂) de outro (COULTATE, 2004). As proteínas podem ser divididas entre proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas insolúveis (gliadina e glutenina).

A gliadina é caracterizada pelo poder plastificante, ou seja, boa extensibilidade, já a glutenina propicia resistência a ruptura da massa, e colabora para a elasticidade do produto. A combinação dos dois componentes caracteriza a propriedade viscoelástica do glúten. O trigo é o único cereal que apresenta a gliadina e glutenina (glúten) em quantidade adequada para aproveitar os benefícios tecnológicos dele, tais proteínas podem ser encontradas em cereais como cevada (hordeína), aveia (avenina) e centeio (secalina) em menores quantidades (SCHEUER et al., 2011).

As proteínas do glúten (gliadinas e gluteninas – Figura 1) em contato com a água, acompanhada de energia mecânica, formam uma rede viscoelástica tridimensional através de pontes de hidrogênio, ligações de van de Waals e pontes de sulfeto, responsáveis pela ampla escala de produtos panificáveis levedados, pois sua rede proteica é responsável pela retenção do dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação, e de cozimento das massas (SCHEUER et al., 2011).

Figura 1: Estrutura do glúten.



Fonte: Adaptado de FASANO, 2011.

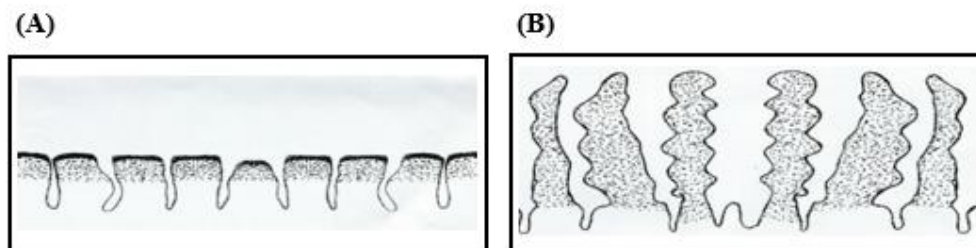
3.1.1 Doença Celíaca (DC)

A DC é uma doença autoimune que se manifesta em indivíduos susceptíveis geneticamente em decorrência da ingestão de glúten, uma fração proteica encontrada no trigo, centeio, cevada e aveia. Essa doença apresenta uma ampla variedade de manifestações clínicas, que provoca um processo inflamatório no intestino delgado, causando severas lesões, o que resulta em uma má absorção de nutrientes. Nesse sentido, o celíaco produz anticorpos contra o glúten, que agem no intestino delgado, atrofiando-o. A DC pode ser classificada como: clássica, não clássica (atípica), assintomática (silenciosa) e latente, sendo que sua conduta clínica está relacionada à extensão e localização do processo inflamatório, a quantidade de glúten ingerido, a sensibilidade individual ao glúten, entre outros fatores (BARBOSA et al., 2016).

No trato gastrointestinal o glúten é digerido parcialmente pelas enzimas pepsina, elastase, tripsina, e quimiotripsina dando origem a gliadina. A gliadina, ao atravessar o epitélio intestinal, sofre desaminação pela enzima transglutaminase tecidual, resultando em derivados peptídicos com resíduos de ácido glutâmico que possuem epítomos com carga elétrica negativa que vão se ligar as moléculas do HLA (Antígeno Leucocitário Humano) em pacientes geneticamente predispostos (FEIGHERY, 1999).

Pode-se observar a diferença notável entre um intestino normal e o de um celíaco na Figura 2.

Figura 2 – (A) Mucosa no intestino delgado com vilosidades atrofiadas, (B) Mucosa no intestino delgado com vilosidades normais.



Fonte: Associação de Celíacos do Brasil, 2010.

Anteriormente o diagnóstico da DC era confirmado em pacientes com manifestações clínicas típicas, como visto em crianças com síndrome má absorptiva. O atraso na introdução do trigo na alimentação infantil tem aumentado a taxa de prevalência da DC e o seu diagnóstico fora da faixa etária pediátrica. O diagnóstico se baseia no exame clínico, marcadores sorológicos e análise histopatológica da mucosa do intestino delgado (PEREIRA et al., 2017).

Os portadores da doença são obrigados a abolir de sua alimentação alimentos comuns como pães, bolos, bolachas, cervejas, entre outros, que contém glúten, seguindo uma dieta rigorosa por toda a vida. É importante que o paciente celíaco conheça os ingredientes que compõem as preparações alimentares e faça a leitura minuciosa dos ingredientes listados nos rótulos de produtos industrializados. No Brasil em 1992 foi criada a Lei nº 8.543, que obriga as indústrias alimentícias a imprimirem em caracteres destacados nos rótulos e nas embalagens de produtos industrializados que contêm glúten ou seus derivados. Em 2003 foi publicada a Lei nº 10.674 que obriga os produtos alimentícios comercializados a portarem informação sobre a presença de glúten como medida preventiva e de controle da DC.

Os indivíduos não diagnosticados, ou que não seguem as recomendações dietéticas corretamente, apresentam um risco elevado de complicações graves como câncer do intestino delgado. Desta forma é de grande interesse científico a produção de trigo modificado, pobre ou isento das porções de glúten imunogênico, mas com as

qualidades nutritivas necessárias (PEREIRA et al., 2017), além de farinhas sem glúten que promovam características adequadas aos produtos do dia-a-dia.

3.2 Farinhas sem Glúten

A maior dificuldade na alimentação dos celíacos está no acesso aos produtos elaborados com substitutos da farinha de trigo e que apresentem características sensoriais favoráveis e agradáveis ao paladar. O glúten não é transformado quando os alimentos são assados ou cozidos, por isso deve ser substituído por outras opções, uma alternativa é a utilização de cereais isentos de glúten (QUAGLIA, 1991).

O pão elaborado sem glúten apresenta redução na qualidade, com baixa capacidade de reter gases gerados no processo de fermentação, apresentando baixo volume específico, miolo firme e borrachento, isso ocorre porque é o glúten que proporciona a elasticidade necessária para que a massa retenha os gases produzidos durante a fermentação, proporcionando o crescimento da massa com um miolo macio e aerado. A produção de um pão sem glúten não é um processo fácil, em geral as farinhas sem glúten apresentam algumas mudanças sensoriais, modificando seu sabor, textura, hidratação e aparência (QUAGLIA, 1991). A substituição do glúten da farinha de trigo por outro ingrediente é desafiante.

Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em produtos que não contêm glúten, substituído por amidos, produtos de laticínio, gomas e hidrocolóides, probióticos e outras combinações como alternativas ao glúten, a fim de melhorar a estrutura, paladar, aceitabilidade e vida de prateleira dos produtos (GALLAGHER et al., 2004).

Algumas opções como farinha de arroz, amido de milho, farinha de milho, quinoa, farinha de mandioca, farinha de amaranto, polvilho doce, polvilho azedo e fécula de batata vem sendo testados e utilizados na fabricação de produtos de panificação sem glúten. No entanto, tal substituição provoca mudanças nas características sensoriais do produto final (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Outro fator importante destacado pelas industriais é que a vida útil dos pães sem glúten é curta comparado ao pão com glúten (GALLAGHER et al., 2004).

3.3 Controle de Qualidade e Métodos Instrumentais

Em termos de qualidade, as farinhas influenciam diretamente o produto final como bolos, pães, biscoitos, devido a propriedades peculiares como quantidade de proteína, umidade, glúten, fibras entre outros. Através desses parâmetros pode-se selecionar adequadamente a farinha apropriada para uma fórmula alimentar específica (CHEN et al., 2016). Muitos estudos vêm sendo realizados para avaliar as propriedades viscoelásticas das massas de diferentes farinhas com o objetivo de identificar a influência da mesma na qualidade, sendo determinada por características físico-químicas e reológicas (CHEN et al., 2016).

A textura é um dos itens de maior importância avaliado nas farinhas, podendo ser estudado de duas formas: análise sensorial (subjetiva) ou instrumental (objetiva) (CHEN et al., 2013). A textura pode ser descrita como uma propriedade sensorial e funcional da estrutura da farinha, assim os instrumentos utilizados na medição de textura realizam ensaios mecânicos que possam substituir painéis sensoriais como ferramentas de avaliação de textura (LAWLESS; HEYMANN, 2010). Para avaliar tal grandeza diversos trabalhos (MIKALOUSKI et al., 2014; ASSIS et al., 2009) destacam a utilização do texturômetro, que fornece uma boa correlação entre a avaliação sensorial e os valores instrumentais. É possível determinar as medidas mecânicas de textura como elasticidade, dureza, entre outras, e atuam principalmente com as forças de compressão, extrusão e corte no alimento. As definições desses parâmetros são concebidas em termos de medições físicas qualificados pelo perfil de textura (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

A análise do perfil de textura (do inglês, *Texture Profile Analysis* - TPA) é uma técnica de dupla compressão de uso difundido no estudo quantitativo da textura dos alimentos. Nesta técnica, amostras de alimentos são comprimidas duas vezes, em um curto intervalo de tempo, analogamente ao processo de mastigação, sendo obtidos os parâmetros quanto sua textura. Uma das grandes vantagens da TPA é que através de um único ensaio podem ser averiguados trinta e três parâmetros de textura, no entanto cada pesquisa direciona qual parâmetro é necessário para o estudo (TORMENA, 2016).

O equipamento é constituído por uma haste que transporta a energia mecânica ao material a uma velocidade constante, fornecendo uma curva força *versus* distância, no qual o mesmo registra a variação de textura da amostra de acordo com a Tabela 2 (CARVALHO, 2015). Os parâmetros de textura descritos na Tabela 2, são os selecionados para a avaliação no presente trabalho.

Tabela 2: Parâmetros de Textura – TPA.

Parâmetros	Definição
Dureza	É a força necessária para produzir certa deformação.
Fraturabilidade	É a força necessária para fraturar um produto, a coesividade é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura.
Coesividade	É a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura.
Elasticidade ou Flexibilidade	É a velocidade na qual um material deformado volta à condição inicial, depois que a força de deformação é removida.
Adesividade	É a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície de alimento e a de outros materiais com os quais o alimento está em contato.
Gomosidade	É a energia necessária para desintegrar um alimento até estar pronto para deglutição.
Mastigabilidade	É o trabalho necessário para mastigar um alimento sólido até a deglutição.
Resiliência	É a medida do esforço do produto para retornar a sua forma original, em termos de velocidade.

Fonte: SZCZESNIAK et al, (2002).

O atributo de qualidade imposto aos pães, envolve diretamente as possíveis variações de textura a partir da análise de firmeza do miolo (CHEN et al., 2013). Sendo assim, diversas técnicas são aprimoradas constantemente embasadas no conceito de qualidade das farinhas implementadas no mercado, atendendo as expectativas dos consumidores.

Atualmente as medições através das espectroscopias moleculares permitem detectar/determinar vários analitos simultaneamente, tais características tornam os sensores ópticos uma das ferramentas mais promissoras a serem aplicadas em processos químicos e bioquímicos (CZAJA et al., 2016).

As análises convencionais utilizadas no controle da qualidade das farinhas são necessárias, no entanto, algumas podem gerar resíduos ou consomem muito tempo. A espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR) é uma técnica que requer pouco ou nenhum preparo das amostras, permitindo analisar diversos parâmetros de forma rápida. Esta técnica foi utilizada para determinação de teores de cinzas, proteínas, pH e umidade em farinhas de soja (MENEZES et al., 2004), de inhame (LEOBOT et al., 2009), além de classificar diferentes espécies de farinha de trigo por categoria de qualidade de acordo com parâmetros como proteínas e fibras (COCCHI et al., 2005). No trabalho de Chen et al., (2016) foi utilizado a espectroscopia NIR com regressão multivariada na determinação da proteína total e do glúten úmido.

Diversas técnicas instrumentais analíticas consideradas não destrutivas podem ser empregadas para avaliar as características físico-químicas das farinhas frente à importância econômica e nutricional deste produto, fornecendo assim informações tanto para as indústrias produtoras quanto aos consumidores. As informações fornecidas por essas técnicas instrumentais podem ser exploradas através da aplicação da quimiometria.

3.4 Quimiometria

A quimiometria é uma área da química que utiliza a aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para análise de dados de origem química, com o interesse de otimizar, planejar e selecionar experimentos com o intuito de extrair uma maior quantidade de dados analíticos provenientes de espectros, eletroferogramas, cromatogramas, voltamogramas, perfis de profundidade, e amostras para as quais as concentrações de diversos constituintes químicos ou outras propriedades tenham sido medidas, obtendo melhores resultados analíticos (OTTO, 2007).

As diversas ferramentas quimiométricas têm por finalidade desenvolver modelos com base em medições. As análises realizadas nos laboratórios, na grande maioria, demandam tempo e estão sendo substituídas por técnicas instrumentais que garantem a confiabilidade na análise, o que tornou necessário, novos tratamentos de dados mais complexos do ponto de vista matemático e estatístico, para relacionar os sinais obtidos com os resultados desejados e contribuir para a interpretabilidade dos dados instrumentais. No caso da espectroscopia NIR as bandas presentes nos espectros surgem de sobreposições e combinações, que geram um elevado número de sinais,

sendo necessário recorrer a quimiometria por análise multivariada (ALMEIDA, 2009) para auxiliar em sua interpretação. Tais espectros apresentam informações que têm sido cada vez mais empregadas no controle de qualidade e na caracterização qualitativa e quantitativa de produtos alimentícios. Entretanto, considerando que os sinais obtidos a partir da espectroscopia NIR não são seletivos, a quimiometria torna-se uma ferramenta importante para extrair o máximo de informação e colaborar na sua interpretação (BLANCO et al., 1999).

A análise multi-tabelas ComDim (do inglês, *Common Dimension*) é baseada na análise de componentes comuns e pesos específicos (do inglês, *Common Components and Specific Weights*), sendo uma ferramenta direcionada a avaliar diferentes tabelas de dados adquiridos para o mesmo número de amostras, mas não necessariamente o mesmo número de variáveis (QANNARI et al., 2000).

Na maioria dos casos de análise de dados multivariada, como na Análise de Componentes Principais (PCA), calcula-se uma matriz de variância-covariância para as variáveis. No entanto, no ComDim, a idéia principal é usar as matrizes "variância-covariância" das amostras que são todas do mesmo tamanho. Assim, é possível calcular sua soma ponderada e, em seguida, extrair seu primeiro componente principal normalizado como a primeira "Dimensão Comum" ou "Componente Comum" (CC). O algoritmo calcula iterativamente o peso, ou "saliência", de cada bloco para o CC calculado. Finalmente, a porcentagem de variabilidade extraída pelo CC pode ser calculada. As informações relativas ao primeiro CC são removidas de cada tabela de dados original e o procedimento repetido para o cálculo do segundo CC, e assim por diante (BOUVERESSE et al., 2011; ROSA et al., 2017).

Como resultado da aplicação do ComDim, uma série de tabelas de dados provenientes de diferentes técnicas analíticas (espectros NIR e resultados obtidos a partir do texturômetro, neste caso) para um mesmo conjunto de amostras, podem ser transformadas em gráficos informativos que mostram a relação entre as amostras nos componentes comuns (CC) dos *scores*, e variáveis no gráfico dos *loadings*. Além disso, um gráfico de *saliences* permitirá avaliar em qual das tabelas analisadas encontra-se a informação predominante para o padrão de agrupamento em cada um dos CC (ROSA, 2017; QANNARI et al. 2000). Na Figura 3 é ilustrado as etapas envolvidas no processo para aplicação do ComDim.

De acordo com a Figura 3, nas etapas A e B os espectros NIR e os resultados obtidos a partir do texturômetro são organizados no formato de matrizes **X** e **Y**, respectivamente. Nesse processo, cada linha da matriz **Y**, por exemplo, representa uma amostra, ou seja, os resultados do texturômetro para um determinado tipo de farinha, enquanto que cada coluna contém o valor de um determinado parâmetro de textura. Na Figura C as matrizes **X** e **Y** são dispostas lado a lado formando uma hipermatriz onde o ComDim é aplicado e fornece como resultados um gráfico de *scores* dos CC com informações sobre as amostras, um gráfico de *loadings* dos CC com informações sobre as variáveis, e um gráfico de *salience*s que mostra em qual das tabelas consideradas está a informação predominante para o padrão de semelhanças e diferenças das amostras observado no gráfico dos *scores* (ROSA, 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostral

Foram avaliadas 150 amostras de farinhas de diferentes composições neste estudo: trigo (1-6), trigo integral (7-12), milho (13-18), milho branca (19-24), fécula de mandioca (25-30), aveia (31-36), centeio (37-42), arroz (43-48), arroz integral (49-54), linhaça marrom (55-60), linhaça dourada (61-66), soja (67-72), banana (73-78), batata doce (79-84), casca de maracujá (85-90), maracujá (91-96), berinjela (97-102), gengibre (103-108), yacon (109-114), açaí (115-120), amaranto (121-126), chia (127-132), coco (133-138), mandioca (139-144), uva (145-150). A numeração entre parênteses corresponde aos números das amostras durante o tratamento dos dados. Todas as amostras comerciais foram adquiridas no Paraná – Brasil.

4.2 Análise Espectral

As medidas espectrais na região NIR (900 – 1700 nm) foram realizadas em equipamento microNIR JDSU empregando um cubeta de vidro, todas as medidas espectrais foram realizadas a temperatura ambiente. As amostras de farinhas não passaram por nenhum tipo de preparo de amostra.

4.3 Análise de Textura

Na análise por texturômetro, uma quantidade de 10 g de amostra foi misturada a 10 mL de água destilada em corpos de prova. Na avaliação do perfil de textura instrumental (TPA) utilizou-se um texturômetro modelo TA-XT Express (Stable Micro Systems – Figura 4), de onde obteve-se resultados para os parâmetros de dureza, fraturabilidade, coesividade, elasticidade ou flexibilidade, adesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. A velocidade de pré-teste foi de 1mm/s, velocidade teste de 1,7 mm/s e de pós teste de 10 mm/s, distância de 10 mm, tempo de 5 segundos e gatilho de 5g. Para a análise foi utilizado um probe cilíndrico 28 de 5 cm de diâmetro. Os dados adquiridos no texturômetro foram processados em software Exponent Lite Express. O teste foi realizado à temperatura ambiente.

Figura 4. Texturômetro modelo TA-XT Express.



Fonte: Stable micro systems – Texture Analysers.

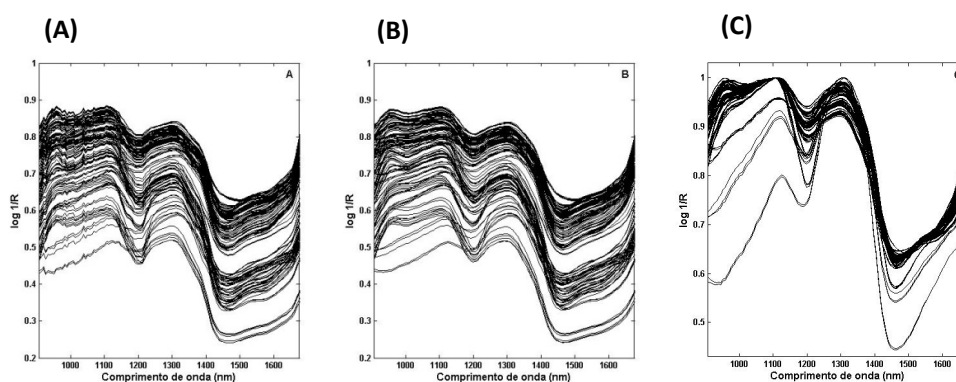
4.4 Análise Quimiométrica (ComDim)

Os resultados das diferentes técnicas analíticas foram avaliados utilizando o a ferramenta quimiométrica de análise multi-tabelas ComDim executado pelo software Matlab R2007b.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os espectros NIR para as amostras das diferentes farinhas são apresentados na Figura 5. Esses espectros foram suavizados utilizando o algoritmo *savgol* (janela de 7 pontos e polinômio de primeira ordem) (SAVITZKY; GOLAY, 1964). Na sequência, a correção do espalhamento multiplicativo (ISAKSSON; NAES, 1988) foi implementada aos espectros NIR.

Figura 5. Espectros NIR de diferentes farinhas.



(A) Espectros brutos. (B) Espectros após suavização. (C) Espectros após suavização e correção do espalhamento multiplicativo.

A falta de seletividade na espectroscopia NIR impossibilita obter conclusões considerando apenas os espectros. A combinação dos resultados destas técnicas com os resultados do texturômetro (Tabela 3) usando a análise multitabelas ComDim permite melhorar a interpretabilidade dos resultados e inferir com mais propriedade acerca das semelhanças entre as diferentes farinhas consideradas no estudo.

Tabela 3: Resultados do texturômetro, sendo (1) Dureza (2) Fraturabilidade (3) Adesividade (4) Elasticidade (5) Mastigabilidade (6) Gomosidade (7) Coesividade (8) Resiliência.

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8
Trigo	0,4129	0	0,98	-0,3918	28,54	29,15	0,69	0,08
(1-6)	0,3282	0	0,98	-0,3733	23,39	23,89	0,71	0,08
	0,3225	0	0,98	-0,3474	23,07	23,51	0,71	0,07
	0,4108	0	0,98	-0,3604	27,93	28,53	0,68	0,09
	0,4514	0	0,98	-0,3707	30,33	30,94	0,67	0,1
	0,3116	0	0,98	-0,3298	21,35	21,78	0,69	0,09

Trigo Integral	0,8922	0	-11,937	0,84	43,85	52,02	0,57	0,06
(7-12)	0,7575	0	-0,875	0,97	50,02	51,35	0,66	0,07
	1,1533	0	-14,447	0,71	40,96	57,73	0,49	0,06
	0,8424	0	-10,544	0,97	52,12	53,99	0,63	0,06
	0,8426	0	-12,457	0,95	51,06	53,86	0,63	0,06
	0,8308	0	-1,1500	0,96	54,65	56,68	0,67	0,07
Milho	6,7823	0	-1,6417	0,21	26,75	128,81	0,19	0,08
(13-18)	6,6613	0	-0,0353	0,64	121,78	189,47	0,28	0,13
	7,3070	0	-0,9533	0,89	297,53	332,46	0,45	0,10
	12,5006	0	-1,638	0,26	85,45	329,17	0,26	0,12
	8,6313	0	-0,0729	0,9	206,53	230,15	0,26	0,12
	10,716	0	-1,2286	0,88	262,8	297,34	0,27	0,11
Milho Branca	6,8967	0	-0,0323	0,91	176,18	193,91	0,28	0,13
(19-24)	7,9192	0	-0,1295	0,99	206,81	208,36	0,26	0,12
	5,9646	0	-0,0365	0,71	121,91	171,22	0,28	0,13
	3,375	0	-0,0184	0,83	69,03	83,6	0,24	0,11
	6,3208	0	-0,0471	0,85	148,17	174,74	0,27	0,12
	6,3514	0	-0,0227	0,83	148,32	178,82	0,28	0,13
Fécula	0,0252	0	-0,0004	4,45	25,84	5,81	2,27	0
Mandioca	0,0254	0	-0,0004	4,45	25,47	5,73	2,21	0
(25-30)	0,0259	0	-0,0004	4,45	25,93	5,83	2,21	0
	0,0249	0	-0,0305	1,25	3,22	2,57	1,01	0
	0,0252	0	-0,0004	4,45	24,82	5,58	2,17	0
	0,0254	0	-0,004	4,45	25,54	5,74	2,22	0
Aveia	1,9272	0	-1,6625	0,24	10,12	42,65	0,22	0,06
(31-33)	1,5273	0	-1,6529	0,26	9,92	37,67	0,24	0,06
	2,1251	0	-1,5722	0,22	10,74	47,75	0,22	0,07
Aveia 2	2,6142	0	-1,6304	1,23	11,98	52,97	0,2	0,07
(34-36)	2,2134	0	-1,6603	0,2	9,59	48,48	0,21	0,07
	1,9519	0	-1,5965	0,21	9,2	44,57	0,22	0,07
Centeio	5,8903	0	-1,6442	0,28	31,15	110,06	0,18	0,07
(37-42)	3,1598	0	-1,6037	0,3	21,17	71,34	0,22	0,06
	3,2222	0	-1,6961	0,24	16,45	67,9	0,21	0,06
	2,9704	0	-1,6488	0,27	17,41	64,33	0,21	0,07
	3,8478	0	-1,6643	0,25	19,55	77,9	0,2	0,06
	4,4016	0	-1,6992	0,2	15,31	77,42	0,17	0,06
Arroz	1,4347	0	-1,5741	0,38	10,78	28,13	0,19	0,07
(43-48)	1,6319	0	-1,5893	0,31	7,29	23,89	0,14	0,06
	1,6817	0	-1,6484	0,28	6,81	24,37	0,14	0,07
	1,2638	0	-1,4296	0,54	18,91	35,35	0,27	0,06
	1,2807	0	-1,5288	0,58	22,15	38,04	0,29	0,07
	1,3303	0	-1,5521	0,49	14,5	29,62	0,22	0,06

Arroz Integral (49-54)	2,4737	0	-1,6885	0,17	5,81	34,52	0,14	0,07
	2,5323	0	-1,6888	0,15	5	32,55	0,13	0,07
	2,5753	0	-1,6768	0,2	8,73	42,99	0,16	0,08
	2,0442	0	-1,6798	0,24	8,57	36,05	0,17	0,08
	2,2898	0	-1,6984	0,16	5,03	30,76	0,13	0,07
	1,9908	0	-1,6805	0,21	6,96	33,49	0,16	0,07
Linhaça Marrom 1 (55-57)	14,7337	0	-1,6451	0,22	75,88	341,06	0,23	0,08
	13,8267	0	-1,6684	0,22	72,74	332,47	0,24	0,09
	10,221	0	-1,6931	0,21	48	224,46	0,22	0,08
Linhaça Marrom 2 (58-60)	13,7674	0	-1,6723	0,25	83,66	333,39	0,24	0,08
	12,2037	0	-1,6735	0,24	65,89	274,78	0,22	0,08
	13,6843	0	-1,6517	0,25	73,37	298,27	0,21	0,07
Linhaça Dourada 1 (61-63)	4,1131	0	-1,7181	0,19	12,75	68,79	0,16	0,06
	3,8181	0	-1,6943	0,17	10,85	62,25	0,16	0,06
	3,2986	0	-1,7283	0,19	10,13	54,61	0,16	0,05
Linhaça Dourada 2 (63-66)	4,2612	0	-1,6599	0,25	20,63	83,04	0,19	0,07
	4,2443	0	-1,6979	0,2	16,03	81,04	0,19	0,07
	3,6559	0	-1,6893	0,2	12,78	63,03	0,17	0,06
Soja (67-72)	13,8724	0	-1,6122	0,28	125,02	451,52	0,32	0,12
	12,055	0	-1,6337	0,27	97,02	360,13	0,29	0,11
	10,0789	0	-1,6386	0,28	85,5	304,7	0,3	0,11
	11,2044	0	-1,6563	0,25	82,37	328,25	0,29	0,11
	11,1099	0	-1,5983	0,3	110,37	367,44	0,32	0,12
	8,7568	0	-1,6152	0,29	78,52	274,99	0,31	0,12
Banana 1 (73-75)	0,5901	0	-0,5056	0,99	35,97	36,51	0,61	0,06
	0,8744	0	-0,7452	0,98	52,85	53,79	0,6	0,08
	0,7669	0	-0,7905	0,98	49,91	50,91	0,65	0,05
Banana 2 (75-78)	0,0961	0	-0,0539	1	7,26	7,3	0,74	0,05
	0,139	0	-0,089	0,99	9,78	9,85	0,69	0,04
	0,1201	0	-0,091	0,99	7,96	8,02	0,65	0,04
Batata Doce (79-84)	4,5771	0	-1,7008	0,15	9,89	67,23	0,14	0,07
	3,4882	0	-1,7164	0,17	9	52,39	0,15	0,07
	3,9616	0	-1,7169	0,16	9,39	60,28	0,15	0,07
	4,4787	0	-1,7092	0,15	9,78	65,4	0,14	0,06
	4,2229	0	-1,7296	0,17	10,26	60,13	0,14	0,06
	3,5349	0	-1,724	0,16	8,32	51	0,14	0,07
Casca de Maracujá (85-90)	20,2488	0	-1,6548	0,23	117,96	513,07	0,25	0,1
	22,0613	0	-1,6693	0,21	121,74	582,76	0,26	0,11
	15,3767	0	-1,6786	0,18	54,68	300,9	0,19	0,08
	16,2106	0	-1,6559	0,25	106,35	423,83	0,26	0,1
	17,3091	0	-1,6551	0,24	97,5	398,39	0,23	0,09
	17,4564	0	-1,6950	0,19	77,51	412,55	0,23	0,1
Maracujá 1 (91-93)	11,6548	0	-1,6818	0,21	54,36	263,33	0,22	0,09
	12,9741	0	-1,6771	0,19	54,69	283,6	0,21	0,09
	13,0908	0	-1,6703	0,21	60	292,4	0,22	0,09

Maracujá 2 (94-96)	9,2469	0	-1,6845	0,2	33,11	167,42	0,18	0,08
	10,0261	0	-1,6823	0,17	29,87	171,37	0,17	0,07
	10,7989	0	-1,7078	0,17	32,22	193,1	0,18	0,07
Berinjela 1 (97-99)	1,1589	0	-1,3243	0,79	49,25	62,65	0,53	0,06
	1,8667	0	-1,3016	0,42	20,73	49,47	0,26	0,06
	1,133	0	-1,1145	0,98	64,59	66,22	0,57	0,06
Berinjela 2 (100-102)	0,7707	0	-0,5663	0,98	40,59	41,25	0,52	0,07
	0,6425	0	-0,459	0,99	36,56	37,11	0,57	0,07
	0,4062	0	-0,3125	0,99	24,54	24,85	0,6	0,07
Gengibre 1 (103-105)	10,4172	0	-1,671	0,2	42,68	217,13	0,2	0,09
	7,7789	0	-1,6645	0,22	38,11	170,36	0,21	0,09
	7,8375	0	-1,7085	0,19	30,51	163,47	0,2	0,08
Gengibre 2 (105-108)	7,2573	0	-1,678	0,2	32,56	161,59	0,22	0,1
	8,2466	0	-1,6715	0,21	39,33	186,09	0,22	0,09
	8,6822	0	-1,7222	0,18	34,24	187,17	0,21	0,09
Yacon (109-114)	1,19	0	-1,6625	0,21	5,58	26,38	0,22	0,06
	1,2057	0	-1,6624	0,22	6,28	28,24	0,23	0,07
	1,1613	0	-1,6776	0,21	5,48	26,55	0,22	0,06
	1,0707	0	-1,6673	0,24	6,38	26,76	0,25	0,07
	1,023	0	-0,9756	1	56,72	56,93	0,55	0,07
	1,3379	0	-1,6083	0,23	7,17	31,68	0,23	0,06
Açaí (115-120)	1,6563	0	0	0	0	0	0	0
	0,2541	0	0	0	0	0	0	0
	1,5405	0	-0,0002	4,35	705,29	162,05	1,03	1,13
	0,6388	0	0	0	0	0	0	0
	0,373	0	0	0	0	0	0	0
	0,1272	0	0	0	0	0	0	0
Amaranto 1 (121-123)	5,4356	0	-0,0608	0,78	136,22	173,82	0,31	0,11
	5,0179	0	-0,0403	0,86	135,44	156,98	0,31	0,11
	5,148	0	-0,0663	0,92	141,29	154,25	0,29	0,10
Amaranto 2 (124-126)	5,143	0	-0,1105	0,89	137,73	155,61	0,3	0,1
	5,2695	0	-0,0728	0,86	148,11	171,9	0,32	0,11
	4,8516	0	-0,0809	0,84	118,03	140,42	0,28	0,09
Chia 1 (127-129)	11,9005	0	-1,6311	0,3	76,02	255,2	0,21	0,08
	11,7482	0	-1,6637	0,23	51,03	223,17	0,19	0,07
	10,7131	0	-1,6571	0,27	54,42	202,87	0,19	0,07
Chia 2 (130-132)	8,426	0	-1,6465	0,28	53,62	188,6	0,22	0,09
	9,2387	0	-1,6693	0,21	36,58	174,09	0,18	0,08
	7,0047	0	-1,7092	0,22	28,86	132,67	0,19	0,07
Coco 1 (133-135)	4,7538	0	-0,0436	0,87	123,5	141,72	0,29	0,1
	4,7759	0	-0,0419	0,77	100,95	131,3	0,27	0,1
	8,3608	0	-0,0935	0,86	214,03	249,03	0,29	0,11
Coco 2 (136-138)	8,2099	0	-0,0408	0,84	256,26	303,54	0,36	0,13
	9,6382	0	-0,1053	0,87	287	328,4	0,33	0,11
	8,4128	0	-0,0462	0,86	255,24	295,41	0,34	0,13

Mandioca	18,1712	0	-1,5251	0,44	337,73	774	0,42	0,18
Branca	18,3895	0	-1,057	0,78	1039,07	1340,68	0,71	0,2
(139-144)	16,4227	0	-1,5034	0,46	328,6	710,8	0,42	0,18
	19,5003	0	-0,5248	0,84	1030,7	1224,5	0,62	0,21
	18,6947	0	-1,5927	0,4	276,89	697,82	0,37	0,14
	17,2448	0	-1,4947	0,52	351,84	676,1	0,38	0,15
Uva	10,7074	0	-1,6811	0,19	34,00	178,63	0,16	0,08
(145-150)	10,4232	0	-1,6939	0,16	28,25	171,87	0,16	0,08
	10,3088	0	-1,6801	0,17	28,84	169,06	0,16	0,08
	12,0743	0	-1,6755	0,17	34,73	209,65	0,17	0,08
	7,4778	0	-1,6904	0,21	28,58	137,61	0,18	0,08
	8,9659	0	-1,6980	0,20	32,50	165,34	0,18	0,08

Fonte: Autoria própria.

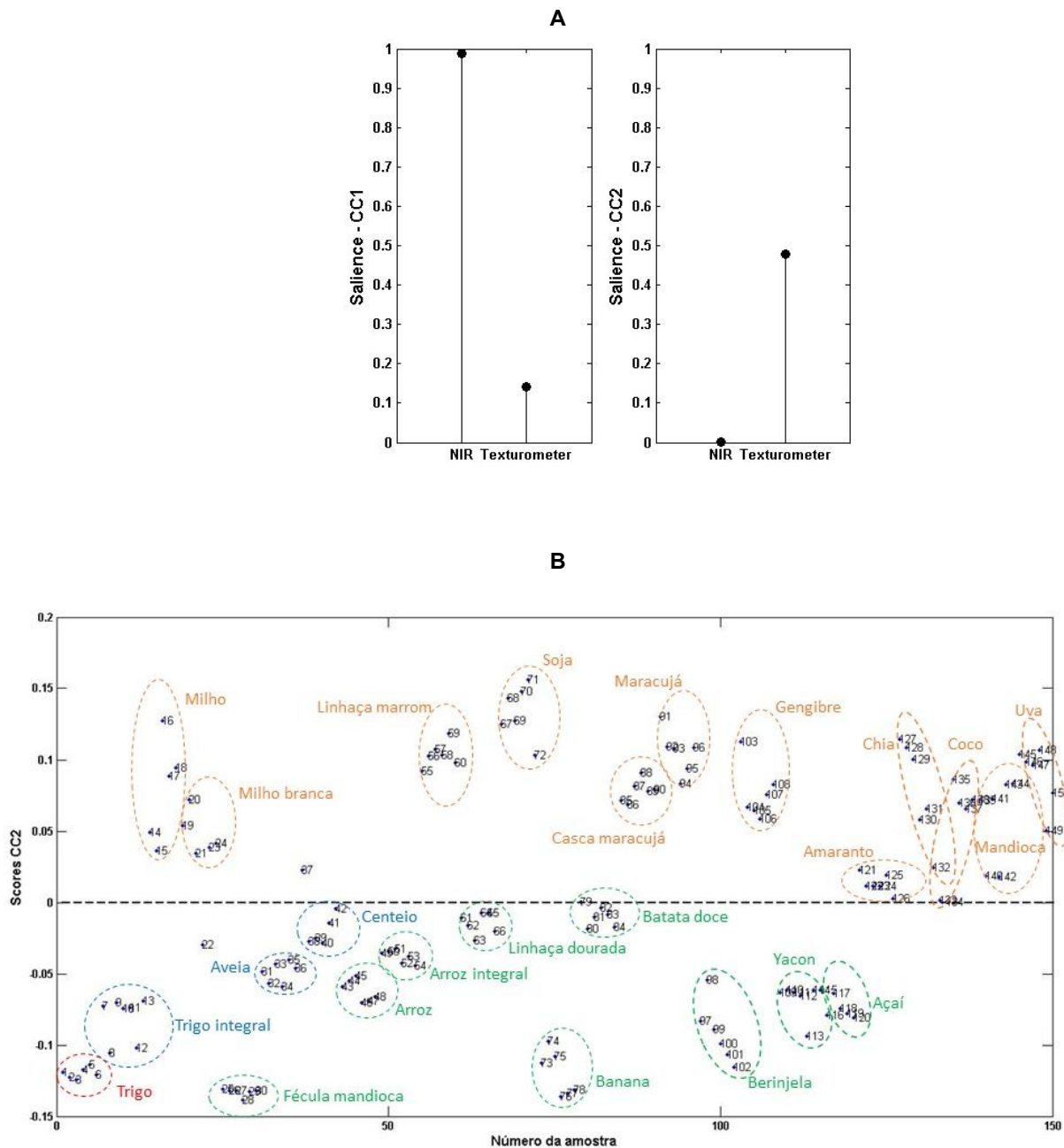
Na implementação do ComDim, a primeira tabela foi constituída pelos espectros NIR (normalizados) e a segunda tabela consistiu nos resultados de dureza, fraturabilidade, coesividade, elasticidade ou flexibilidade, adesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. Estes resultados obtidos a partir do texturômetro foram autoescalados. A hipermatriz, formada pela fusão dos dados de NIR e textura, foi normalizada e, só então o ComDim foi aplicado. Duas dimensões comuns (CC) foram calculadas. Para cada CC, ComDim calcula os *scores* para as amostras, as *saliences* de cada tabela e os *loadings* das variáveis em cada tabela.

A Figura 6 apresenta os resultados da aplicação da ferramenta ComDim para análise conjunta dos espectros NIR e dos resultados do texturômetro. Através do gráfico das *saliences* (6A) verifica-se que os CC2 apresentam a informação predominante com relação aos resultados do texturômetro. Desta forma, será discutido apenas os resultados de *scores* e *loadings* relativos ao CC2, tendo em vista que um dos objetivos a ser alcançado é relacionar os espectros NIR com os resultados do texturômetro, além de identificar tipos de farinhas com comportamento de textura semelhante à farinha de trigo.

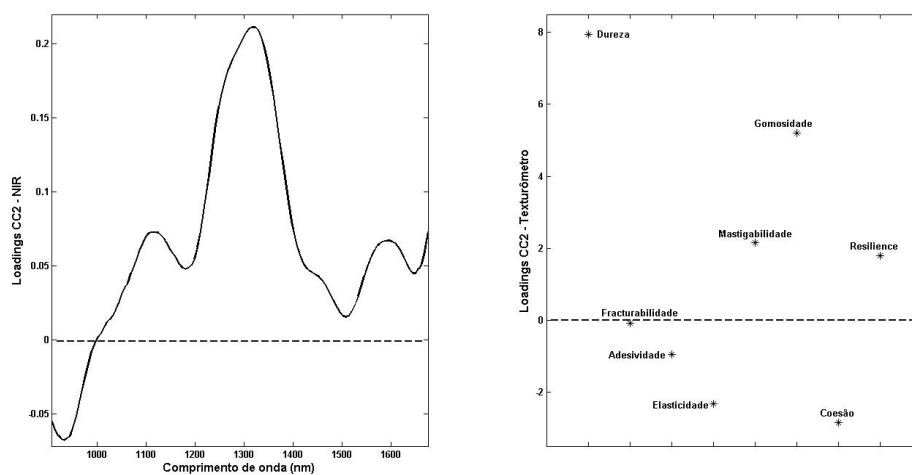
Os *scores* (6B) forneceram informações sobre as semelhanças e diferenças entre as amostras. Na parte negativa de CC2 foram discriminadas as amostras de farinhas que contém glúten em sua composição: trigo, trigo integral, aveia e centeio. Ainda na parte negativa de CC2 foram discriminadas as amostras de farinhas que não contém glúten em sua composição: arroz, arroz integral, banana, batata doce, berinjela, yacon, açaí, fécula de mandioca e linhaça dourada. Portanto, todas essas amostras discriminadas na parte negativa deste CC apresentam características semelhantes e, para verificar quais características são essas avaliou-se os *loadings* (6C), que fornecem informações sobre

quais variáveis, em cada tabela, são importantes para a discriminação entre as amostras no gráfico dos scores.

Figura 6 – Resultado da análise multi-tabelas ComDim.



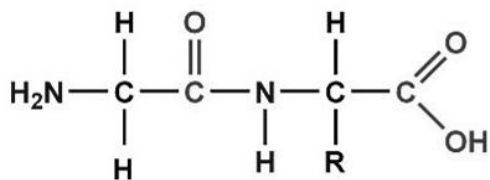
C



(A) *Saliences*. (B) *Scores de CC2*. (C) *Loadings de CC2*.

De acordo com os *loadings* verificou-se que as amostras discriminadas como semelhantes na parte negativa dos *scores* da CC2 apresentam características similares quanto à adesividade, elasticidade e coesão. Esses parâmetros de textura estão correlacionados com a região do NIR entre 900 – 1000 nm (região negativa dos *loadings* de CC2). Esta região espectral corresponde às absorções do terceiro overtone das ligações CH, CH₂, CH₃, ROH e RNH₂ (Monograph NIR, 2016) presentes na estrutura primária de proteínas (Figura 7).

Figura 7. Estrutura primária de uma proteína.



Fonte: Autoria Própria.

De acordo com Graça et al. (2017) o glúten, que é uma proteína, proporciona a elasticidade necessária para que a massa de pão retenha os gases produzidos durante a fermentação, proporcionando o crescimento da massa com um miolo macio e aerado. Nesse sentido, os resultados alcançados sugerem que as farinhas isentas de glúten:

arroz, arroz integral, banana, batata doce, berinjela, yacon, fécula de mandioca, linhaça dourada e açaí possam colaborar para a obtenção de pães e massas com características de textura relativas à adesividade, elasticidade e coesão, e qualidade tecnológica semelhantes aos pães/massas produzidos a partir da farinha de trigo.

Na parte positiva dos *scores* da CC2 foram discriminadas as amostras de farinha milho, milho branca, linhaça marrom, soja, casca de maracujá, maracujá, gengibre, amaranto, chia, coco, mandioca e uva. Portanto, todas essas amostras discriminadas na parte positiva deste CC, apresentam características semelhantes entre si, que de acordo com os *loadings* podem ser atribuídas às características de dureza, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. Esses parâmetros de textura estão correlacionados com a região do NIR entre 1000 – 1700 nm (região positiva dos *loadings* de CC2), que correspondem às absorções na região do segundo overtone das ligações CH, CH₂, CH₃, ROH, CONH₂, RNH₂ e CONHR (Monograph NIR, 2016).

O uso de farinhas que contém em sua composição glúten, tais como aveia, centeio, trigo integral, são amplamente utilizadas na área de pães e bolos por apresentarem viabilidade tecnológica e sensorial que agrada aos consumidores. Entretanto, tentativas vem sendo consideradas na elaboração de produtos com misturas de diferentes farinhas sem glúten e, em diferentes proporções.

Ramos et al., (2012) utilizou uma farinha mista elaborada a partir da mistura da farinha de linhaça dourada, farinha de arroz e fécula de mandioca na formulação de bolos. Foi observado que mesmo em menores concentrações a farinha de linhaça dourada altera os atributos de aparência e cor. Entretanto, a aceitabilidade foi de 70% dentre as avaliações sensoriais, representando uma ótima alternativa de consumo para pessoas portadoras da DC ou para os adeptos de uma dieta isenta de glúten.

Heisler (2008) utilizou a substituição total da farinha de trigo pela farinha de arroz na produção de cuca de banana, bolo de chocolate e torta salgada, sendo que os produtos citados foram elaborados nas duas versões viabilizando comparação sensorial, bromatológica e de custos. Os resultados obtidos tiveram uma aceitabilidade em 90% das avaliações, além destas receitas poderem ser ingeridas por celíacos, por não conter o glúten.

Na área da panificação é indicado a substituição da farinha de trigo por até 30% de farinha de arroz. Este porcentual foi utilizado na produção de pães e obteve-se resultados aceitáveis sensorialmente (AGUILAR et al., 2004).

A farinha de yacon é aplicada em produtos de panificação principalmente aqueles com baixa gordura e açúcar, o que produz benefícios fisiológicos importante principalmente para diabéticos (ROLIM et al., 2010), proporcionando ótima textura e aparência agradável aos pães (MOSCATTO, FERREIRA E HAULY, 2004). A mistura contendo 50% de farinha de yacon e 50% de farinha de batata-doce foi empregada na formulação de pães. O resultado mostrou características tecnológicas adequadas para panificação, como maciez e volume alto, sendo adequado para alimentação de pessoas celíacas e favoráveis ao consumo de alimentos mais saudáveis.

A farinha de soja pode ser utilizada em vários produtos alimentícios, seja na substituição total ou parcial do trigo. Além de melhorar a qualidade nutricional das massas, ela favorece o cozimento e a textura do produto (SCHMIELE et al., 2013). De acordo com Dantas (2009) foi utilizado 50% de farinha de soja em substituição a farinha de trigo na formulação de pães. Os resultados mostraram um aumento nos teores de proteína e lipídios em comparação com o pão tradicional (100% de farinha de trigo), este aumento favoreceu o perfil de ácidos graxos essenciais, especialmente o ácido linolênico, por ser a soja uma importante fonte deste ácido graxo poliinsaturado. Amaral et al. (2006) também analisou as farinhas mistas, mas com a adição de 12% de farinha de soja, afirmando boa aceitação comercial, considerada uma alternativa viável para outros produtos de panificação.

A farinha de trigo apresenta parâmetros de textura similares as farinhas discriminadas na parte negativa dos *scores* da CC2, que amplia as possibilidades de fabricação de produtos alimentícios, especialmente na área da panificação, a qual é hoje uma das questões desafiadoras para a ciência e tecnologia de alimentos. O desenvolvimento de alimentos alternativos a partir do uso de farinhas mistas, com características semelhantes a qualidade dos produtos que contenham glúten é uma tendência. Os produtos como bolos, biscoitos e pães sem glúten, formulados a partir dessas misturas de farinhas podem atender a um público específico portadores da DC, assim como públicos interessados em dietas restritivas ao glúten.

6. CONCLUSÕES

A análise multi-tabelas ComDim permitiu avaliar simultaneamente, e correlacionar, os resultados obtidos a partir da espectroscopia NIR e os parâmetros de textura de diferentes tipos de farinhas. Através deste método de reconhecimento de padrão não supervisionado foi possível transformar os resultados de duas técnicas analíticas, consideradas simultaneamente, em gráficos informativos que mostraram a relação entre as amostras através dos *scores*, a técnica analítica com informação predominante através das *saliences*, e quais as variáveis responsáveis pela semelhança observada entre as amostras, através do gráfico dos *loadings*.

Foi possível inferir sobre similaridades e diferenças entre as amostras estudadas de acordo com a absorção na região NIR, bem como com relação aos parâmetros de textura. Os resultados obtidos permitiram sugerir que as farinhas discriminadas na parte negativa da CC2 com glúten em sua composição: trigo integral, aveia, centeio, e as farinhas isentas de glúten: arroz, arroz integral, banana, batata doce, berinjela, yacon, fécula de mandioca, linhaça dourada e açaí podem colaborar para a obtenção de pães e massas com características de textura relativas à adesividade, elasticidade e coesão, e qualidade tecnológica semelhantes aos pães/massas produzidos a partir da farinha de trigo.

As farinhas sem glúten de milho, milho branca, linhaça marrom, soja, casca de maracujá, maracujá, gengibre, amaranto, chia, coco, mandioca e uva apresentam características similares quanto à dureza, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. Dessa forma, essas farinhas isentas de glúten e com características específicas de textura podem ser uma alternativa para a formulação de produtos alimentícios, a partir de misturas com porcentagens variadas que colaboram com a qualidade do produto final, principalmente para a área da panificação.

Portanto as farinhas discriminadas no quadrante negativo da CC2 por apresentarem similaridade com a farinha de trigo são consideradas a melhor indicação para formulação pães/massas. Já as farinhas discriminadas no quadrante positivo da CC2, apresentam maiores diferenças quando comparada com a farinha de trigo, podendo ser utilizadas a partir de misturas ou combinações entre farinhas, melhorando sua textura e qualidade final do produto.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, M. J. R.; PALOMO, P.; BRESSANI, R. Desenvolvimento de um produto de panificação apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v.54, n.3, p. 314-322, 2004.

ALMEIDA, N.M.F. **Espectroscopia de Infravermelho Próximo com Transformada de Fourier (FT-NIR) na Caracterização de Farinhas para Alimentação Pueril**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biológica, Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations, **European Food Research Technology**. v. 230, p. 437– 445, 2010.

AMARAL, V. M. G. **A importância da soja como alimento funcional para qualidade de vida e saúde**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2006.

ASSIS, M. L.; ZAVAREZE, R. E.; RADUNZ, L. A.; DIAS, G. R. A.; GUTKOSKI, C. L.; ELIAS, C. M. Nutritional, Technological and sensory properties of biscuits with replacement of wheat flour for oat flour or parboiled rice flour. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p.15-24, 2009.

BARBOSA, A. C.; VAZ, S. P. J.; FREITAS, S. B. G.; JÚNIOR, B. J. A.; SALIBA, A.W. Celiac Disease -Knowledge evaluation of biomedicine undergraduate students in a institution from vale do aço in September 2016 period. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**. v.18, n.1, p.25-37.

BARROSO, M. K. A.; TORRESI, G. A.; CASTELO-BRANCO, G. A.; FERREIRA, P. Brown and golden flaxseed: chemical and functional properties of the seeds and the cold-pressed oils. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.181-187, 2014.

BENDER, B. B. A.; LUVIELMO, M. M.; LOUREIRO, B. B.; SPERONI, S. C.; BOLIGON, A. A.; SILVA, B. B.; PENNA, G. N. Obtention and characterization of grape skin flour and its use in an extruded snack. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.19, 2016.

BIANCHINI, A. G. M.; BELEIA, P. D. A.; BIANCHIN, B. Changes in chemical composition of whole flours from grains amaranth after different thermal treatments. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.167-173, 2014.

BOUVERESSE, D. J.-R.; PINTO, R. C.; SCHMIDTKE, L. M.; LOCQUET, N.; RUTLEDGE, D. N. Identification of significant factors by an extension of ANOVA-PCA based on multi-block analysis. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 106, p. 173-182, 2011.

BORGES, S. T. J.; PUROZI, R. M.; LUCIA, D. M.; PEREIRA, C. P.; FIALHO, R.A.; CASTO, C. V. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Digital Library of Journals**, v.24, n.1, 2006.

BLANCO, M. et al. Calibration in non-linear near infrared reflectance spectroscopy: a comparison of several methods. **Analytica Chimica Acta**, v.384, p. 207 – 214, 1999.

BRASIL. CNMP nº12. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Normas Técnicas Especiais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de Julho de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.htm>. Acesso em: 11 mar. 2018.

BRASIL. RDC nº 45, de 03 de novembro de 2010. Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 nov. 2010. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388779/Resolu.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

BRASIL. RDC nº 383, de 5 de agosto de 1999. Aprova o Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – produtos de panificação e biscoitos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 ago. 1999. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/Resolu.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 8.543**, de 23 de dezembro de 1992. Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1992/lei-8543-23-dezembro-1992-372664-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em 12 fev. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 10.674**, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/393963/lei_10674.pdf/eb3ab49c-5d38-4633-8c15-2031101ae27e>. Acesso em: 22 fev. 2018.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: Aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos B- CEPPA**, v.29, n.1, p.129-136, 2011.

CARVALHO, R. N.; BASSINELHO, P. Z.; KOAKUZU, S. N.; ARAUJO, E. J.; TEXEIRA, C. M. Procedure for determination of the hardness and stickiness of polished rice cooked in a texturometer. **EMBRAPA**, 2015.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; BORGES, M. C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.150-155, 2006.

CHEN, J.; ZHU, S.; ZHAO, G. Rapid determination of total protein and wet gluten in commercial wheat flour using siSVR-NIR. **Food Chemistry**, v.221, p.1939-1946, 2016.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods – a review. **Food Research International**, v. 51, p. 823–835, 2013.

COULTATE, T. P. Food - **Chemistry and its Components**. 3^a ed. Porto Alegre. Artmed Ed. 2004, p.369.

COCCHI, M.; CORBELLINI, M.; FOCA, G.; LUCISANO, M.; PAGANI, A.; TASSI, L.; ULRICI, A. Classification of bread wheat flours in different quality categories by a wavelet-based feature selection/classification algorithm on NIR spectra. **Analytica Chimica Acta**, v. 544, p.100–107, 2005.

COSTA, G. M.; SOUZA, L. E.; STAMFORD, M. L. T., ANDRADE, C.A. Technological quality of national and imported wheat grain and wheat flours. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.39, n.7, p. 452-461, 2007.

CZAJA, T.; MAZUREK, S.; SZOSTAK, R. Quantification of gluten in wheat flour by FT-Raman spectroscopy. **Food Chemistry**, v.211, p.560-563, 2016.

EL-DASH, A.; MAZZARI, M. R.; GERMANI R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães**. Brasília - EMBRAPA SPI, v.2, n.1, p.81, 1994.

FEIGHERY, C. Fortnightly review. Celiac disease. **British Medical Journal**, v. 319, p. 236- 239, 1999.

FENACELBRA - NATIONAL FEDERATION OF CELÍACOS ASSOCIATIONS OF BRAZIL. Celiac disease. 2013. Disponível em :<<http://www.fenacelbra.com.br/fenacelbra/doencaceliaca/>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

FILHO, A.; EIDAM, E.; BORSATO, V. A. E.; RAUPP, S. A. Processing of farinaceous product from beets submitted to stationary drying. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.2, p.207-214, 2011.

FRANCO, C. M. L. et al. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, v.79, n.2, p.223-248, 2002.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science and Technology**, v.15, p.143–152, 2004.

GEWEHR, F. M.; DANELLI, D.; DE MELO, M.L.; FLÔRES, H.S.; JONG, F.M. Chemical analysis of quinoa flakes: characterization for use in food products. **Food Technology**, v.15, n.4, p.280-287, 2012.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COUTIN, C.M; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v.16 n.1/3 p.12-35, 2005.

GUADARRAMA-LEZAMA, A.Y.; NAVAS, H.; VERNON-CARTER, E. J.; RAMIREZ.A. J. Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural features of bread obtained from nixtamalized corn/wheat flours blends. **Journal of Cereal Science**, v.69, p158-165, 2016.

GRAÇA, C. S.; BARBOSA, J. B.; SOUZA, M. Z.; MOREIRA, A. S.; LUVIELMO, M. M.; MELLADO, M. L. M. S. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, p.1-10, 2017.

HEISLER, G.E.R.; ANTÔNIO, G.A.; MOURA, R.S.; MENDONÇA, C.R.B.; GRANADA, G.G. Viability of substitution of wheat flour for rice flour in school meals. **Alimentos e Nutrição**, n.3, v.19, p. 299-306, 2008.

ISAKSSON, T.; NAES, T. The Effect of Multiplicative Scatter Correction (MSC) and Linearity improvement in NIR Spectroscopy. **Applied Spectroscopy**, v.42, n.7, p.1273-1284, 1988.

LACERDA, D. B. C. L.; SOARES, J. M. S.; BASSINELLO, P. Z.; SIQUEIRA, B. S.; KOAKUZU, S. N. Quality of biscuits made with extruded rice bran in substitution of wheat flour and cassava starch. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion - **Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición***, v.59, n.2, p.199-205, 2009.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food – principles and practices**. USA: Springer, p.596, 2010.

LEBOT, V. et al. NIR Determination of Major Constituents in Tropical Root and Tuber Crop Flours. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, n.57, v.22, p.10539-10547, 2009.

LEMONS, A. R.; CAPRILES, V. D.; PINTO E SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Effect of incorporation of amaranth on the physical properties and nutritional value of cheese bread. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n.3, p. 427-431, 2012.

MAIA, D. J.; BARROS, O. M.; CUNHA, M. C. V.; SANTOS, R. G.; CONSTANT, L. B. Acceptability study of bread in a way with enriched flour of waste pulp coconut. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.1, p.1-9, 2015.

MARIANI, M. Elaboration and evaluation of gluten-free cookies made with rice bran and rice and soy flours. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, n.1, p. 70-78, 2015.

MARTINEZ, C. S.; RIBOTTA, P. D.; AÑÓN, M. C.; LEÓN, A. E. Effect of amaranth flour (*Amaranthus mantegazzianus*) on the technological and sensory quality of bread wheat pasta. **Food Science & Technology International**, v.20, n.2, p.127-135, 2014.

MEDEIROS, M. J.; OLIVEIRA, P. A. A. C.; SOUZA, J. M. L.; SILVA, R. F.; SOUZA, M. L. Chemical composition of mixtures of green banana flour with brazil nuts. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v.69, n.3, p. 396-402, 2010.

MIKALOUSKI, F. L. B. S.; MONTEIRO, G. R. A.; MARQUES, R. D.; MONTEIRO, F. C. C.; BENOSSI, L. Influence of raw material particle size on the expansion of extruded corn. **Food Technology**, v.17, n. 1, p. 28-32, 2014.

MONOGRAPH NIR SPECTROSCOPY. **NIR Spectroscopy: A Guide to Near-infrared Spectroscopic Analysis of Industrial Manufacturing Processes**, 2016. Disponível em: <<http://www.metrohm.com/en/company/news/newsfree-monographs/>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MOSCATTO, J. A. FERREIRA, S, H. P. HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.634-640, 2004.

OTTO, M. **Chemometrics: statistics and computer application in analytical chemistry**. 2. Ed. Alemanha: Weinheim Wiley - VCH, 2007.

PEREIRA, V. A. A., SILVA, S. B., ERRANTE, R. P. Physiopathological aspects of celiac disease. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa** v.14, n.34, 2017.

QANNARI, E. M.; WAKELING, I.; COURCOUX, P.; MACFIE, H. J. H. Defining the underlying sensory dimensions. **Food Quality and Preference**, v.11, p.151-154, 2000.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

RAMOS, N. C.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T.; SANDRI, I. G. Elaboração de pré-mistura para bolo sem Glúten. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.23, n.1, p.33-38, 2012.

ROSA, L. N.; **EMPREGO DE ANÁLISE MULTITABELAS NA AVALIAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR. Campo Mourão, 2017.

ROLIM, P. M.; MAGALHÃES, S. P.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon. **Revista Ceres**. v.57, n.1, p.12-17, 2010.

SÁ, M. R.; FRANCISCO, A.; SOARES, C. T.F. Chemical composition of iac 7 oats (avena sativa 1.) and influence of thermal processing on its characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.1, n.2, p.53-58, 1998.

SAVITZKY, A.; GOLAY, M. J. E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares producers. **Analytical Chemistry**, v. 36, p.1627- 1639, 1964.

SOUSA, S.G. **OBTAINING AND CHARACTERIZING OF SWEET POTATO FLOUR**. Dissertação (Bacharel) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, 2015.

SCHEUER, P. M., FRANCISCO, A. de; MIRANDA, M. Z. de; LIMBERGER, V. M. Wheat: characteristics and use in baking. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.2, p.211-222, 2011.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor protéico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.908-914, 2013.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. Livraria Varela, v.1, p.500-530, 1996.

STUPPIELLO, B. Gluten-free foods that replace wheat flour: check out the alternatives at the time of cooking and its benefits. 2013. Acesso em: 20 jan. 2018.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, 13, 215-225, 2002.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2015. Disponível em: <<http://www.crn1.org.br/wpcontent/uploads/2015/04/taco.pdf?x53725>>. Acesso em 12 mar. 2018.

TEDRUS, A. S.G. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.21, n.1, p.20-25, 2001.

TORMENA, L.M.M., **DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÃO PARA BOLO CONTENDO FARINHA DE MACA E YAÇON**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. **Nutrient database**. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=12354500>. Acesso em: 01 fev. 2018.

VOLK, M. B. S. **Viabilidade técnica e econômica da utilização do equipamento de ar refrigerado na conservação de trigo armazenado**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2005.

ZIEGLER, U.J.; LEITENBERGER, N.; LONGIN, H.F.; WURSCHUM, R. C.; SCHWEIGGERT, M.R. Near – infrared reflectance spectroscopy for the rapid discrimination of kernels and flours of diferente wheat species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.51, p.30-36, 2016.