

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARISTELA RAUPP DOS SANTOS

**ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES EM PÃES SEM GLÚTEN
SEGUIDO DE ENRIQUECIMENTO COM POLPA DE ABACATE
(*Persea americana Mill*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

MARISTELA RAUPP DOS SANTOS

**ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES EM PÃES SEM GLÚTEN
SEGUIDO DE ENRIQUECIMENTO COM POLPA DE ABACATE
(*Persea americana Mill*)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1, do Curso Superior de Licenciatura em Química do Departamento Acadêmico de Química – DAQUI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Angela
Claudia Rodrigues

Coorientadora: Prof. Dra. Nadia
Cristiane Steinmacher

MEDIANEIRA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES EM PÃES SEM GLÚTEN SEGUIDO DE ENRIQUECIMENTO COM POLPA DE ABACATE (PERSEA AMERICANA MILL)

Por

MARISTELA RAUPP DOS SANTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 08 de dezembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

ANGELA CLAUDIA RODRIGUES

ALEX SANCHES TORQUATO

OLDAIR DONIZETE LEITE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser o autor de minha vida e por ter me permitido viver até aqui. Obrigada por enviar o teu Espírito Santo e me conceder a sabedoria necessária para superar os obstáculos e cada momento de dificuldade. Obrigada pela saúde, paciência e determinação que me deste e por colocar tantas pessoas em meu caminho para me auxiliar durante esses anos.

Agradeço imensamente a todos os meus familiares, principalmente minha mãe Marlene e meu pai Clodoaldo, por não medirem esforços para me ajudar, por toda paciência, compreensão e palavras de ânimo que me ajudaram a não desistir nesta caminhada.

Estendo meus agradecimentos a minha orientadora Prof^a. Dra. Angela Claudia Rodrigues e coorientadora Prof^a Dra. Nadia Cristiane Steinmacher, por toda compreensão, dedicação e orientação durante este trabalho e também à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pelo apoio institucional.

Ao Prof. Dr. Aloisio Henrique Pereira De Souza e Prof^a Dra. Eliane Colla, por compartilharem seu conhecimento e experiência.

Agradeço aos professores Oldair Donizeti Leite e Alex Sanches Torquato por comporem a banca examinadora, por toda a atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas de trabalho, em especial, Larissa, Kellyn, Marci, Patrícia, Daiane, Eliane, Alexandra, Daniele, Matheus e Marcelo e tantos outros, que de uma forma ou de outra participaram e contribuíram para a minha formação e sempre compartilharam sua experiência e maturidade.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de coração me auxiliaram e que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho. Agradeço todo o auxílio, incentivo, paciência e palavra amiga.

“Se o homem soubesse as vantagens de ser bom, seria homem de bem por egoísmo.”

Santo Agostinho

RESUMO

SANTOS, Maristela R. Adição de Hidrocolóides em Pães Sem Glúten Seguido De Enriquecimento Com Polpa De Abacate (*Persea americana Mill*). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A doença celíaca é uma enteropatia crônica, que afeta o intestino delgado de indivíduos geneticamente predispostos. É ocasionada pela ingestão do glúten e possui uma única forma de tratamento, uma dieta livre das proteínas deste composto. Por isso, procura-se desenvolver produtos, isentos de glúten que possuam alto valor nutricional e características estéticas aceitáveis pelo consumidor. Neste estudo buscou-se otimizar a concentração de hidrocolóides em formulações de pães isentos de glúten para posterior enriquecimento com polpa de abacate (*Persea americana Mili*). A otimização ocorreu por meio de um planejamento fatorial completo 2^2 . Análises físico químicas foram realizadas na polpa de abacate e posteriormente através de um planejamento de misturas binário incorporada aos pães. Verificou-se que a goma xantana não apresentou efeito sobre as características reológicas desejadas e por isso, não foi utilizada. Os resultados observados apontaram para a menor concentração de hidroxipropilmetilcelulose como a região de maior volume e menor firmeza nos pães. Com a adição da polpa observou-se um aumento nos teores de umidade, cinzas, proteína bruta e lipídeos e uma ótima razão entre os ácidos graxos das famílias n-6 e n-3. Por meio da função de desejabilidade o ensaio do ponto centroide do planejamento de misturas foi caracterizado como a melhor formulação nas respostas volume específico e firmeza do miolo do pão. Com base nos resultados conclui-se que com a incorporação da polpa de abacate ocorreu um aumento no valor nutricional dos pães e que a menor concentração de hidroxipropilmetilcelulose contribuiu para a formação de um pão com maior volume e menor firmeza.

Palavras-chave: Pão, Hidroxipropilmetilcelulose, Goma xantana, Superfície de resposta.

ABSTRACT

SANTOS, Maristela R. Addition of Hydrocolloids in Gluten-Free Breads Followed by Enrichment With Avocado Pulp (*Persea Americana Mill*). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

Celiac disease is a chronic enteropathy that affects the small intestine of genetically predisposed individuals. It is caused by the ingestion of gluten and has a unique form of treatment, a diet without the proteins of this compound. Therefore, it is sought to develop gluten-free products that have high aggregate nutritional value and rheological characteristics acceptable to the consumer. This study aimed to optimize the concentration of hydrocolloids in formulations of gluten-free breads for enrichment with avocado pulp (*Persea americana Mill*). The optimization occurred through a complete factorial design 2^2 , and response surface analysis. For the incorporation of the pulps, physical chemical analyzes were performed on the avocados and later applied through a planning of binary mixtures. The observed results indicate lower levels of the hydroxypropylmethylcellulose concentrations as the region of greater volume and less firmness in the loaves. By means of secondary tests it was verified that the xanthan gum had no effect on the desired rheological characteristics and was therefore not used. Posteriorly, the avocado pulp was incorporated into the bread in different concentrations, after its characterization, which, by means of the desirability function, pointed out the test of the centroid of the planning of mixtures as the best formulation in the specific volume and firmness responses of the bread. As for the physicochemical characteristics, it was observed that with the increase of the pulp, the contents of satisfactory minerals, proteins and total lipids were obtained, and a final product rich in monounsaturated fatty acids with an excellent omega 6: omega 3 ratio. Based on the results it was concluded that with the incorporation of the avocado pulp an increase in the nutritional value of the breads occurred.

Keywords: Bread, Hydroxypropylmethylcellulose, Xanthan gum, Response surface.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes graus de danos no intestino delgado em pacientes com doença celíaca:	7
Figura 2 – Estrutura do Glúten, composto pela mistura de duas proteínas, gliadina e glutenina	8
Figura 3 – Estrutura química da Goma Xantana	11
Figura 4 – Estrutura química da hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	12
Figura 5 – Organização dos ingredientes para o processamento dos pães.....	15
Figura 6 – Esquema representando o processamento dos pães.	16
Figura 7 – Espaço de cor CIE Lab	24
Figura 8 – Pães contendo HPMC e Goma Xantana. (A) 0,26% HPMC, 0,26% Goma X. (B) 0,77% HPMC, 0,26% Goma X. (C) 0,26% HPMC, 0,77% Goma X. (D) 0,77% HPMC, 0,77% Goma X. (E) 0,51% HPMC, 0,51% Goma X.	26
Figura 9 – Superfície de resposta para o volume específico.....	27
Figura 10 - Superfície de resposta para perfil de textura.....	28
Figura 11 – Respostas da função desejabilidade para os pães otimizados	29
Figura 12 – Formulações teste contendo apenas HPMC	31
Figura 13 – Formulações acrescidas de polpa de abacate. (A) Todos os ensaios. (B) Ensaio 1. (C) Ensaio 2. (D) Ensaio 3. (E) Ensaio 4. (F) Ensaio 5.	36
Figura 14 - Respostas da função desejabilidade para os pães enriquecidos com polpa de abacate.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Massa dos ingredientes utilizados na formulação padrão do pão. .	15
Tabela 2 – Matriz de ensaios para o planejamento fatorial 2^2 com ponto central (valores reais encontram-se entre parênteses).	17
Tabela 3 - Matriz de ensaios do planejamento de misturas. Os valores reais de cada ingrediente estão demonstrados entre parênteses.	21
Tabela 4 – Respostas obtidas através da matriz de ensaios de um PFC 2^2	25
Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para Volume específico e Perfil de textura para o planejamento 2^2	26
Tabela 6 – Resultados para comparação dos parâmetros volume específico e perfil de textura entre os ensaios 1 e o ensaio teste	30
Tabela 7 - Resultados para a composição proximal da polpa do Abacate em base úmida.	31
Tabela 8 - Ácidos graxos majoritários da polpa de abacate Margarida expressos em g 100 g ⁻¹ da fração lipídica	33
Tabela 9 – Teste de Tukey aplicado aos parâmetros volume específico e firmeza no planejamento de misturas binário em pães enriquecidos com polpa de abacate.	35
Tabela 10 - Média dos valores, em base úmida (%) para a composição proximal nos ensaios de pães com polpa de abacate.	37
Tabela 11 – Média dos valores dos ácidos graxos (g 100 g ⁻¹ de alimento) encontrados nos pães enriquecidos com polpa de abacate.	38
Tabela 12 – Avaliação de Cor segundo sistema CIE Lab, nos pães enriquecidos com abacate.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 JUSTIFICATIVA	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4.1 DOENÇA CELÍACA.....	6
4.2 O GLÚTEN NA ELABORAÇÃO DE PÃES	8
4.3 HIDROCOLÓIDES E APLICAÇÕES EM PÃES	10
4.3.1 Goma Xantana	10
4.3.2 Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	11
5 MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1 MATÉRIA PRIMA	14
5.2 FORMULAÇÃO BASE E PROCESSAMENTO DOS PÃES	14
5.3 OTIMIZAÇÃO DE HIDROCOLÓIDES	16
5.3.1 Primeira etapa	16
5.3.2 Segunda etapa	18
5.4 CARACTERIZAÇÃO DAS POLPAS DE ABACATE	18
5.5 PLANEJAMENTO DE MISTURAS BINÁRIO	20
5.6 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES ENRIQUECIDAS.....	21
5.6.1 Composição Proximal.....	22
5.6.2 Esterificação e Transesterificação de AG, Análise Cromatográfica e Quantificação dos Ésteres Metílicos de AG.	22
5.6.3 Análise de textura.....	22
5.6.4 Volume Específico do Pão	23
5.6.5 Avaliação da Cor	23
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 OTIMIZAÇÃO DOS HIDROCOLÓIDES NOS PÃES SEM GLÚTEN.....	25
6.2 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE ABACATE.....	31
6.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES ENRIQUECIDOS COM POLPA DE ABACATE.....	34
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
8 REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia crônica, imune mediada que afeta o intestino delgado de indivíduos geneticamente predispostos e é precipitada pela ingestão de alimentos contendo glúten (LUDVIGSSON et al., 2013; CASTRO et al., 2016).

De acordo com Gobbetti e colaboradores (2017), a DC é a intolerância alimentar mais frequente e sua prevalência está aumentando. Atualmente, a única terapia eficaz para esse distúrbio é a dieta sem glúten. Por essa razão, o mercado de alimentos sem glúten nas últimas décadas tem crescido juntamente com o número de produtos nas prateleiras (GLOBAL GLUTEN-FREE PRODUCTS MARKET RESEARCH REPORT, 2016).

Segundo Houben e colaboradores (2012), o pão é o alimento mais importante dentre os alimentos sem glúten, e geralmente é relatado por apresentar baixa textura, pouca coloração, baixo volume específico assim como sabor não satisfatório e curta durabilidade. Essas características, provavelmente, são consequências da ausência da rede viscoelástica formada pelo glúten.

A dieta baseada em produtos sem glúten é caracterizada por um baixo valor nutricional. Por conseguinte, o que se encontra na literatura são debates acerca da melhoria da qualidade tecnológica e nutricional dos pães. A partir da investigação de diferentes farinhas e amidos isentos de glúten, novos aditivos e novas tecnologias vem sendo relatados para a adição de ingredientes com alto valor nutricional (PASQUALONE et al., 2010; CAPRILES & ARÊAS, 2014; MATOS & ROSELL, 2015).

Neste sentido, diversos estudos têm sido desenvolvidos para a inserção de frutas, sementes, vegetais, microalga, entre outros alimentos, no desenvolvimento de massas, a fim de conferir maior composição nutricional (CAPRILES, 2009; ANDRADE et al., 2011; FIGUEIRA et al., 2011; SANTOS & BOÊNO, 2016).

Dessa forma, o abacate destaca-se sob o ponto de vista nutricional em função de seu alto teor de matéria graxa juntamente com sua riqueza em vitaminas E, C, B6, β -caroteno e potássio (OZDEMIR e TOPUZ, 2004). Essas

características transformam esse fruto em um ingrediente interessante para o enriquecimento de alimentos que apresentam baixo valor nutricional, assim como, para o consumo direto na dieta humana.

Dentre os aditivos utilizados para melhorar as características físicas dos pães, os hidrocolóides são um dos mais utilizados e conferem ao pão propriedades que não estão presentes devido à ausência do glúten. Desta forma, as aplicações de hidrocolóides ou gomas em formulações de pão sem glúten são uma alternativa promissora para a elaboração de produtos de alta qualidade para um público alvo (HOUBEN et al., 2012; MATOS & ROSELL, 2015).

O presente trabalho tem como objetivo a otimização de dois hidrocolóides (goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose) em uma formulação de pão isento de glúten enriquecido com polpa de abacate.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar a concentração de hidrocolóides em formulações de pães sem glúten para desenvolver um pão enriquecido com polpa de abacate e avaliar suas propriedades físico-químicas e reológicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Otimizar a concentração de goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose – HPMC – em uma formulação base de pão sem glúten por aplicação de um planejamento fatorial completo 2^2 , com 3 repetições no ponto central;
- ✓ Determinar a composição proximal e de ácidos graxos na polpa de abacate (*Persea americana*);
- ✓ Elaborar formulações de pães, através de planejamento de misturas binário, variando os fatores fécula de batata, presente na farinha mista, e polpa de abacate, e utilizando como base o melhor pão do primeiro planejamento;
- ✓ Determinar as propriedades físico-químicas e reológicas dos pães enriquecidos com polpa de abacate;

3 JUSTIFICATIVA

A doença celíaca é uma doença que acomete indivíduos geneticamente predispostos, e que atinge aproximadamente 1% da população global (MALALGODA; SIMSEK, 2017). Seu ponto de partida é a ingestão do glúten, e a única forma de tratamento para prevenir as consequências a curto e longo prazo da doença celíaca é uma dieta livre deste composto de proteínas (DOWD; JUNG, 2017).

Conforme os dados estatísticos disponibilizados pela Associação de Celíacos do Brasil (2004), o pão é o alimento mais procurado pelos portadores da doença, e o glúten possui papel fundamental nas características reológicas deste produto.

De acordo com Barak, Mudgil, & Khatkar (2015), o glúten é composto pelas proteínas gliadina e glutenina que “formam uma rede tridimensional contínua durante o processo de desenvolvimento da massa”. Enquanto as gliadinas proporcionam viscosidade, as gluteninas proporcionam elasticidade desenvolvendo assim um sistema de massa viscoelástica (WIESER, 2007).

A ausência do sistema de massa viscoelástica resulta em uma massa líquida e por consequência em um pão com uma textura ruim, cor pálida e outros defeitos de qualidade (GALLAGHER, GORMELEY e ARENDT, 2004). Sendo assim, se faz necessário a utilização de gomas alimentares (hidrocolóides) que possuem características parecidas as do glúten. Nesse sentido, os hidrocolóides melhoram a textura, aumentam o teor de umidade e ampliam a qualidade geral dos pães (MIR et al., 2016).

O glúten, quando ingerido por indivíduos portadores da doença celíaca, causa inflamação e inchaço no intestino delgado, o que leva a uma absorção parcial de nutrientes essenciais, como vitaminas, ferro, cálcio e gorduras (MOHAMMADI et al., 2015). É diante desta realidade que se realizam, cada vez mais, pesquisas para o desenvolvimento de produtos como pães, massas, biscoitos, entre outros enriquecidos com vitaminas, minerais e ácidos graxos (AG).

O abacate é um fruto que se destaca pela qualidade nutricional e composição de substâncias bioativas, pois é rico em proteínas, potássio e

ácidos graxos (AG) insaturados, além de conter vitaminas lipossolúveis, deficientes em outros frutos. O processamento de sua polpa ainda é pouco reportado na literatura, seja para extração e refino do óleo ou para seu consumo em diferentes formas de apresentação (FARIA, 2012).

Assim, justifica-se a importância do presente trabalho em otimizar as quantidades de hidrocolóides utilizadas na fabricação de pães sem glúten, bem como caracterizar e avaliar as propriedades desse pão enriquecido com polpa de abacate. O estudo contribuirá com informações relevantes para as pesquisas na área de panificação sem glúten, bem como para os portadores da doença celíaca.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 DOENÇA CELÍACA

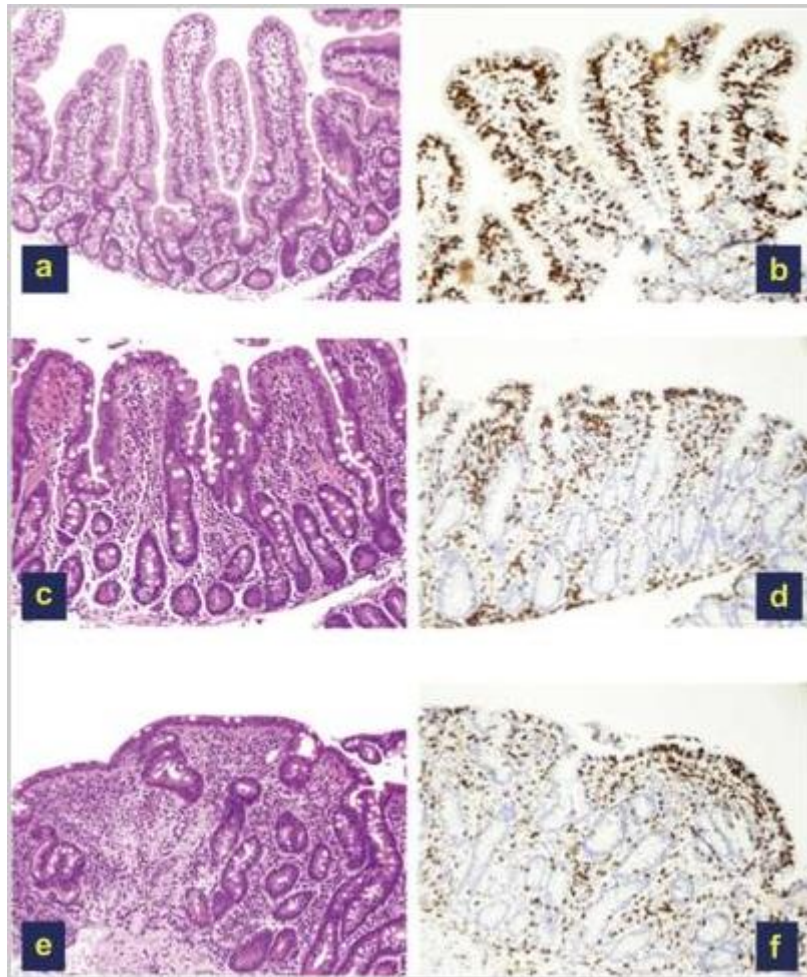
A DC é uma enteropatia crônica, imune mediada que afeta o intestino delgado de indivíduos geneticamente predispostos e é precipitada pela ingestão de alimentos contendo glúten (LUDVIGSSON et al., 2013; CASTRO et al., 2016).

De acordo com Turner (2010), a DC tem predominância de 0,5 a 1% em habitantes caucasianos de origem europeia, sendo caracterizado como um distúrbio comum. Ocorre em crianças e adultos propensos geneticamente que manifestam uma intolerância contínua a algumas prolaminas, componentes do glúten dos alimentos (FASANO et al., 2003).

O glúten é uma rede formada pelas proteínas de armazenamento do trigo, cevada, centeio e raramente da aveia (BOTELHO, 2012). As sequências de peptídeos específicas que podem promover as respostas imunes são muito variáveis, a sequência peptídica de 33 aminoácidos, obtida a partir de uma α -gliadina (fração mais tóxica do glúten), que sobrevive intacta a digestão intestinal, é especialmente imunogênica para o intestino celíaco (ROSTOM et al., 2006).

Nestes indivíduos geneticamente predispostos, a ingestão das frações proteicas conduz a um processo inflamatório permanente da mucosa do intestino delgado que destrói progressivamente as vilosidades intestinais. O que acarreta em limitações na digestão dos alimentos e conseqüentemente a uma má absorção de uma variedade de macro e micronutrientes (ROSTOM et al., 2006).

A doença é crônica, verificando-se dano do intestino cada vez que se consome glúten (Figura 1), independentemente da presença dos sintomas clássicos (VOLTA E VILLANACCI, 2011; ROSTOM et al., 2006).



**Figura 1 - Diferentes graus de danos no intestino delgado em pacientes com doença celíaca:
Fonte: Volta e Villanacci, 2011**

Com o diagnóstico confirmado a única solução para o problema é manter uma dieta livre de glúten ao longo do tempo de vida (MAHMOUDA et al., 2013). Numa dieta isenta de glúten, o trigo, a cevada e o centeio são eliminados, bem como qualquer alimento obtido a partir desses grãos, entretanto, apesar da eficácia dessas dietas, mudanças nos hábitos alimentares são difíceis de manter (BOTELHO, 2012).

De acordo com os resultados obtidos por Kamioka, Stedefeldt e Domene (2013), a dieta sem glúten possui efeito relevante nas despesas mensais de alimentação para os celíacos e para os indivíduos adeptos, principalmente para as famílias de baixa renda.

Apesar da diversidade de produtos encontrados, o número de empresas que atendem a este público ainda é pequeno, sendo uma das justificativas para o alto custo dos produtos.

Preocupados com o aumento no diagnóstico de pacientes com alergias ou intolerâncias alimentares, os órgãos reguladores criaram a Lei Federal nº 10.674, de 16 de maio de 2003 (BRASIL, 2003), que “obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca”.

4.2 O GLÚTEN NA ELABORAÇÃO DE PÃES

O glúten é uma mistura heterogênea de proteínas, formada, pelas frações de gliadina e glutenina (Figura 2), sendo ambas tóxicas aos portadores da doença celíaca.

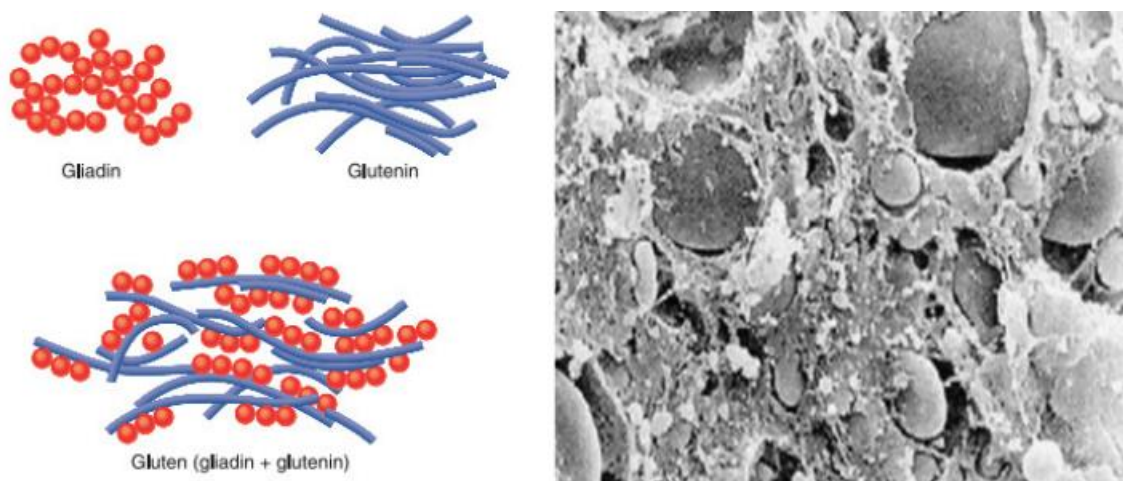


Figura 2 – Estrutura do Glúten, composto pela mistura de duas proteínas, gliadina e glutenina
Fonte: Fasano, 2011.

Ao se hidratar a mistura de proteínas, pela ação mecânica, obtêm-se uma massa viscoelástica. As gliadinas, que possuem cadeia simples, são responsáveis pela consistência e viscosidade da massa, enquanto a glutenina,

que apresenta cadeias ramificadas confere a característica de extensibilidade. (ARAÚJO et al., 2009; DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010; BOCK; SEETHARAMAN, 2012; WANG et al., 2013).

Quanto maior a proporção de glúten na farinha, melhor a qualidade para a fabricação do pão, pois é ele o responsável em reter o dióxido carbono, que foi metabolizado pelas leveduras durante o processo fermentativo permitindo o crescimento da massa, além de sua dilatação e expansão na cocção (PHILIPPI, 2006; FASANO, 2011).

De acordo com Kotze et al. (2006), os produtos mais utilizados na substituição da farinha de trigo para a elaboração de alimentos sem glúten são a farinha de milho, amido de milho, farinha de arroz, farinha de mandioca, fubá, fécula de batata, polvilho doce e polvilho azedo.

O pão é um dos alimentos mais consumidos e, para muitas populações no mundo é um elemento fundamental na dieta (BOTELHO, 2012).

Produtos de panificação isentos de glúten possuem menor qualidade, em termos estruturais, principalmente no que diz respeito a aparência e aos alvéolos do miolo nos produtos tradicionais (GALLAGHER et al., 2003). Sendo assim, a substituição do glúten é um importante desafio tecnológico (BOTELHO, 2012).

Comparativamente, enquanto a massa de farinha de trigo fermentada assemelha-se a uma espuma, a massa sem o glúten é constituída de partículas de amido e água que constitui a fase líquida. O resultado é uma massa com estrutura análoga a um gel (DOBRSZCZYK et al., 2001).

Em um levantamento de produtos voltados para o público celíaco em oito supermercados da cidade de Maringá-PR, Capelassi et al. (2013), não localizaram pães, bolos, massas de pizza entre outros produtos sem glúten, o que demonstra a dificuldade em se encontrar esta categoria de alimentos.

O interesse pelos produtos de panificação isentos de glúten aumentou e, investigações relacionadas ao desenvolvimento de massas com outras farinhas de cereais também têm sido desenvolvidas, muitas delas envolvem a incorporação de amidos, hidrocolóides e proteínas com o intuito de reproduzir as propriedades viscoelásticas do glúten (KOKSEL, 2009).

4.3 HIDROCOLÓIDES E APLICAÇÕES EM PÃES

Os hidrocolóides ou também conhecidos como gomas alimentares, são em sua maioria, polissacarídeos obtidos de fontes naturais ou sintéticos, que assumem uma grande importância em vários setores, incluindo, principalmente, a indústria de alimentos, graças à sua funcionalidade tecnológica (MILLER E HOSENEY, 1993).

Grande parte das aplicações de hidrocolóides na indústria alimentícia está relacionada à sua capacidade de interação com a água que se encontra no meio onde se aplicam, reduzindo a mobilidade e aumentando a viscosidade das soluções (MORRIS, 1990).

Quando utilizados, os hidrocolóides apresentam-se em baixas concentrações nos produtos sendo amplamente empregados como estabilizantes de emulsões, agentes de absorção de água, espessantes e gelificantes (IMESON, 2011).

Esses compostos podem imitar as propriedades viscoelásticas do glúten, por apresentarem propriedades como formação de rede de proteínas, filme e espessamento (ARENDRT; BELLO, 2008).

De acordo com Botelho (2012), os hidrocolóides são capazes de melhorar a textura dos alimentos e, no caso do pão, contribuem no aumento e retenção de CO₂ e otimizam o volume, tendo em vista às propriedades que conferem às massas, devido a interação com as moléculas de amido que permitem a retenção de umidade, resultando num amaciamento e inibindo a retrogradação da molécula, retardando o endurecimento do pão. No aspecto sensorial promove uma melhor textura, volume e maciez do produto (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDRT, 2004).

4.3.1 Goma Xantana

A goma xantana é um aditivo alimentar identificado como INS 415 ou E-415, e por isso pode ser utilizado como espessante, estabilizante, emulsionante e espumante (FAO/WHO,2017).

Esta goma é um polissacarídeo (Figura 3), extracelular produzido pela bactéria *Xanthomonas campestris* durante o seu ciclo de vida normal. Comercialmente, a goma xantana é produzida via fermentação aeróbica, onde ocorre a pasteurização do caldo, pós fermentação, a fim de inibir a bactéria e recuperar a goma xantana pela precipitação com álcool isopropílico. (PHILLIPS; WILLIAMS, 2000).

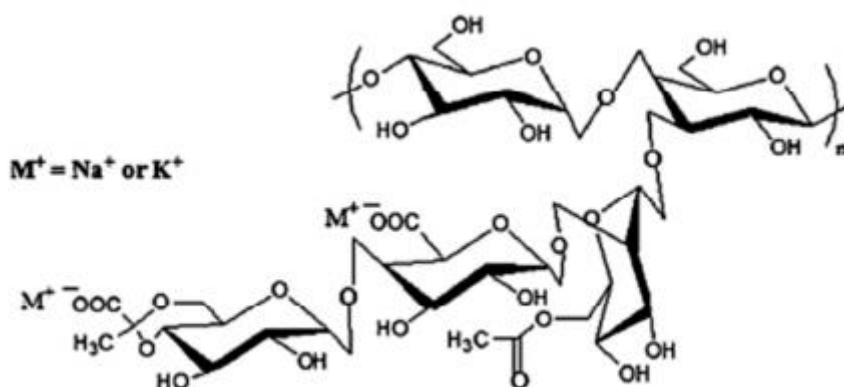


Figura 3 – Estrutura química da Goma Xantana
Fonte: Elella et al., 2017

Possui um elevado interesse industrial, pois em baixas concentrações gera estabilidade na estocagem, capacidade de resistência à água e apelo estético, além disso, auxiliam no abaixamento do conteúdo calórico de alimentos e melhoram sua passagem pelo trato gastrointestinal (FIB, 2010).

4.3.2 Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)

O hidroxipropil metilcelulose (HPMC) é uma goma alimentícia versátil e multifuncional, um hidrocolóide capaz de formar géis reversíveis em elevadas temperaturas. Proveniente da celulose que tem por função melhorar a coesão,

textura e o paladar, seus principais benefícios são a capacidade de aglutinamento, estabilização e auxílio na aeração da massa, contribuindo para um aumento no volume dos produtos isentos de glúten (ASHLAND, 2015).

Em temperaturas baixas o HPMC (Figura 4), absorve água, e quando aquecido forma um gel reversível que durante o processo é capaz de formar ligações hidrofóbicas fortes entre suas cadeias, formando uma forte rede de gel (HAGER; ARENDT, 2013, p.196).

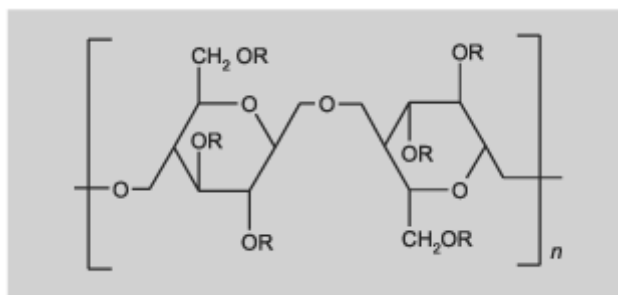


Figura 4 – Estrutura química da hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)
Fonte: Lopes et al., 2005.

Dos principais benefícios do HPMC na panificação, Bárcenas e Rosell (2005), relatam melhor qualidade em volume, umidade, textura do miolo, qualidade sensorial, além de retardar o processo de endurecimento do pão.

4.4 ABACATE (*Persea americana Mill*)

O abacate (*Persea americana Mill*) é um fruto originário da América, produzida em todo o território brasileiro. Seu cultivo é considerado um dos mais produtivos por unidade de área (Schaffer; Wolstenholme; Whiley, 2013).

De acordo com Montenegro (1973), mesmo possuindo alto valor alimentício, superior a algumas frutas como laranja, maçã e pera ainda não se alcançou uma posição de destaque para o abacate no meio frutícola.

Popularmente, o abacate é um fruto muito apreciado, sendo cultivado pela população em seus próprios quintais. Esse público utiliza o fruto como

alimento e para uso medicinal, entretanto, há necessidade de pesquisas para o aproveitamento dos recursos provenientes do abacate como potencial industrial (MACIEL, 2008).

Em virtude de sua riqueza em matéria graxa, o abacate vem assumindo importância na área industrial, como demonstram Canto e seus colaboradores (1980). O abacate apresenta elevado valor nutritivo, por conter vitaminas, fibras solúveis, ácido oléico, proteínas, fibras, α -tocoferol, luteína e beta-criptoxantina, Além de possuir níveis elevados de compostos fitoquímicos bioativos, incluindo a vitamina E, carotenóides, esteróis, compostos fenólicos, entre outros (LEE et al., 2004).

O consumo de abacate auxilia no tratamento de doenças crônicas, especialmente nas cardiopatias, diabetes e dislipidemias, por conter gordura monoinsaturada. Sua composição é nutricional desperta interesse, com relação às quantidades de ácido oléico, vitaminas E e C, que são fortes antioxidantes, fibras, esteróis e fitonutrientes que auxiliam na redução do risco de doenças cardiovasculares e cancerígenas (SALGADO, 2005).

O consumo de dietas ricas em gorduras monoinsaturadas (ácido oléico), exerce efeitos fisiológicos sobre humanos, reduzindo os níveis de colesterol total, de triglicérides e de LDL-colesterol, sem alterar a fração HDL-colesterol do plasma (TURATTI et al., 2002).

Segundo Daiuto et al. (2014), o valor comercial e nutricional do abacate tem sido demonstrado por vários estudos, objetivando a comercialização do fruto com qualidades preservadas, agregação de valor e novas formas de consumo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos pães e realização das análises físico-químicas e reológicas, os laboratórios da UTFPR-Medianeira foram utilizados.

5.1 MATÉRIA PRIMA

Os ingredientes utilizados nas formulações dos pães sem glúten assim como os hidrocolóides (goma xantana, e HPMC) foram adquiridos em estabelecimentos comerciais locais.

Os abacates foram cedidos pelo Polo de Apoio Presencial da Universidade Estadual de Maringá – UEM no município de Diamante do Norte – PR. Os frutos foram colhidos, acondicionados e transportados até os laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Medianeira-PR.

5.2 FORMULAÇÃO BASE E PROCESSAMENTO DOS PÃES

A formulação utilizada na elaboração dos pães consiste em uma adaptação da formulação base disponibilizada pela ACELBRA (2004), apresentada na Tabela 1.

A base farinácea é formada por uma mistura de farinha de arroz (52%), fécula de batata (36%) e polvilho doce (12%).

Tabela 1 – Massa dos ingredientes utilizados na formulação padrão do pão.

Ingredientes	Massa (g)
Farinha Mista	145,00
Açúcar	30,00
Sal (NaCl)	1,50
Azeite de Oliva	37,50
Água	50,00
Ovos (<i>in natura</i>)	50,00
Fermento Biológico	2,50

Fonte: Elaborada pela autora deste trabalho a partir de pré-testes.

Os ingredientes foram pesados e separados previamente (Figura 5) para posterior processamento dos pães de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 6.



Figura 5 – Organização dos ingredientes para o processamento dos pães.
Fonte: Autoria Própria.

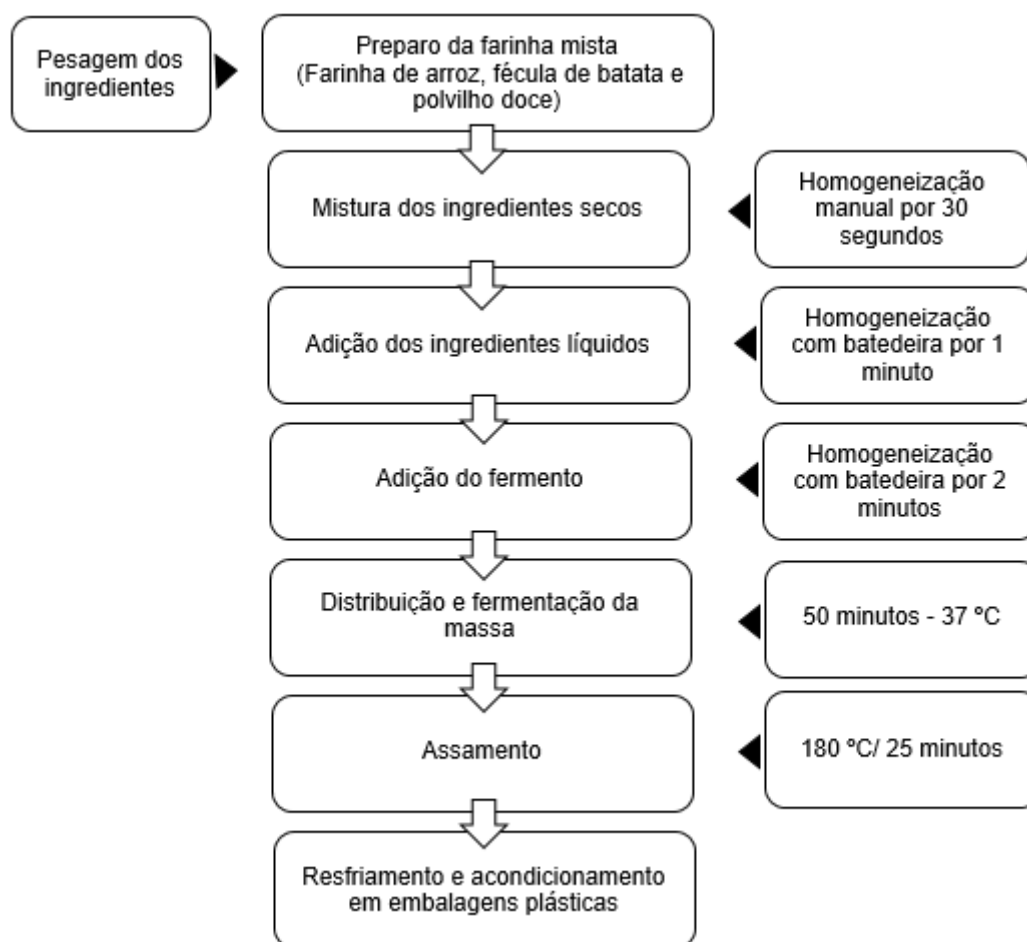


Figura 6 – Esquema representando o processamento dos pães.
Fonte: Autoria própria.

Os hidrocolóides foram incorporados à massa do pão na fase da mistura dos ingredientes secos.

5.3 OTIMIZAÇÃO DE HIDROCOLÓIDES

5.3.1 Primeira etapa

A otimização das concentrações de hidrocolóides ocorreu por meio de um planejamento fatorial completo (PFC) 2^2 com três repetições no ponto central totalizando sete ensaios, alternando as concentrações das duas variáveis ao mesmo tempo.

A escolha dos níveis deste planejamento deriva de pré-testes em que obtiveram-se respostas satisfatórias para algumas das concentrações.

Os ensaios foram realizados aleatoriamente e em duplicata seguindo a matriz do planejamento que é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz de ensaios para o planejamento fatorial 2² com ponto central (valores reais encontram-se entre parênteses).

Ensaio	X ₁ ^a (%)	X ₂ ^b (%)
1	-1 (0,26)	-1 (0,26)
2	+1 (0,77)	-1 (0,26)
3	-1 (0,26)	+1 (0,77)
4	+1 (0,77)	+1 (0,77)
5	0 (0,51)	0 (0,51)
6	0 (0,51)	0 (0,51)
7	0 (0,51)	0 (0,51)

^aHPMC; ^bGoma Xantana. Valores apresentados em (%) sobre o total da farinha mista.
Fonte: Autoria própria.

A metodologia de superfície de resposta para o modelo linear foi aplicada para avaliar duas variáveis dependentes, sendo elas volume específico e firmeza do miolo dos pães. Os procedimentos experimentais para a realização destas análises estão descritos nos itens 4.6.3 e 4.6.4.

Através da função de desejabilidade realizou-se a transformação de cada variável resposta (Y_i) estimada para um valor desejável (d_i), em que $0 \leq d_i \leq 1$. Se o objetivo T na resposta Y_i é o valor máximo (Equação 1):

$$d_i = \begin{cases} 0 & Y_i < L \\ \left(\frac{Y_i - L}{T - L}\right)^r & L \leq Y_i \leq T \\ 1 & Y_i > T \end{cases} \quad (1)$$

Se o objetivo T na resposta Y_i é o valor mínimo (Equação 2):

$$d_i = \begin{cases} 1 & Y_i < T \\ \left(\frac{U - Y_i}{U - T}\right)^r & T \leq Y_i \leq U \\ 0 & Y_i > U \end{cases} \quad (2)$$

Em que, L é o limite inferior e U é o superior. A função de conveniência é linear quando o peso r é igual a 1. Caso seja escolhido $r > 1$ há mais ênfase no valor próximo ao alvo. Ao preferir $0 < r < 1$ este é menos importante. Os valores individuais de desejabilidade (d_i) foram combinados através de uma média geométrica para formar uma conveniência global ou geral (D). Este valor único de D [0, 1] fornece a avaliação global da conveniência e os níveis de resposta combinados, e D irá aumentar à medida que o equilíbrio das propriedades se torna mais favorável (DERRINGER, 1980).

5.3.2 Segunda etapa

Além da função de desejabilidade, foi realizado um teste complementar para avaliar a melhor formulação com relação ao resultado obtido na primeira etapa da otimização dos hidrocolóides, por meio do planejamento fatorial.

Nesse teste, foi desenvolvido uma formulação contendo apenas HPMC e novamente os parâmetros volume específico e firmeza foram estudados.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DAS POLPAS DE ABACATE

A caracterização das polpas de abacate foi realizada a fim de se calcular as quantidades de ingredientes a serem utilizados nas formulações de acordo com a quantidade de polpa adicionada, seguindo o planejamento de misturas.

A composição proximal das polpas de abacate foi realizada de acordo com os métodos descritos pela AOAC (1998) e pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de umidade seguiu o método de secagem direta em estufa a 105 °C, determinado através de gravimetria, baseado na perda de peso do material submetido ao aquecimento até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de cinzas foi determinado por incineração do material em mufla regulada a 550 °C até peso constante seguindo a metodologia nº 923.03.

O percentual proteico foi obtido através da determinação do nitrogênio total, de acordo com a metodologia de micro-Kjeldahl seguindo o método oficial nº 920.87, utilizando 5,7 como fator de conversão para proteína bruta.

O teor de carboidratos totais obteve-se pela diferença entre o 100% e o somatório das porcentagens de umidade, cinzas, proteína bruta e lipídios totais.

Os lipídios totais foram extraídos com uma mistura de clorofórmio-metanol-água (1:1:0,5, v/v) segundo Bligh&Dyer (1959), com correção da umidade para 80%. Aproximadamente 15 g ($\pm 0,1$ mg) de amostra foram pesados em béquer de 250 mL, adicionados de 15 ml clorofórmio, 30 ml metanol. A mistura foi agitada vigorosamente por 5 minutos em agitador magnético (Fisatom, 752A, São Paulo). Posteriormente, adicionou-se 15 mL de clorofórmio, agitando por 2 minutos, 15 mL de água destilada, agitando por 5 minutos. Filtrou-se a mistura à vácuo em funil de Büchner com papel de filtro quantitativo. A solução filtrada foi transferida para um funil de separação de 250 mL e o resíduo descartado. Após a separação das fases, a solução contendo clorofórmio e a matéria graxa, foi drenada para um balão de fundo chato de 250 mL previamente pesado e o solvente eliminado em evaporador rotatório (Fisatom, 802, São Paulo), sob vácuo com banho (Fisatom, modelo 553 São Paulo,) a 45 °C. A gravimetria foi utilizada para a quantificação do teor de lipídios.

A preparação dos ésteres metílicos de AG foi efetuada conforme método descrito por Hartman e Lago (1973), e adaptado por Maia e Rodriguez-Amaya (1993).

Os ésteres metílicos de AG foram separados em cromatógrafo a gás, com detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida Select FAME 7420 (100 m, 0,25 mm e 0,25 μm d. i. Agilent J&W). As condições cromatográficas para a análise das amostras foram: vazões dos gases de 1,10 mL min^{-1} para o gás de arraste (He) e 40 e 400 mL min^{-1} para o gás H_2 e para o ar sintético da chama, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi 1/50. As injeções foram realizadas em triplicatas com volume de 2,0 μL .

A identificação dos AG baseou-se na comparação dos tempos de retenção com os dos ésteres metílicos da mistura padrão.

As quantificações foram efetuadas em relação ao padrão interno, tricosanoato de metila (23:0) de concentração 1,0 mg mL^{-1} em iso-octano. A adição do padrão interno foi realizada no tubo de esterificação, em seguida o solvente foi evaporado sob fluxo de nitrogênio e efetuado a pesagem da amostra no mesmo tubo. Para a determinação da quantidade dos AG identificados nas amostras, em mg g^{-1} de amostra, foi utilizada a seguinte equação (VISENTAINER & FRANCO, 2006):

onde:

M_x = Massa do ácido graxo X em mg/g de amostra.

M_p = Massa do padrão interno em miligramas.

M_a = Massa da amostra em gramas.

A_x = Área do ácido graxo X.

A_p = Área do padrão interno.

F_{ct} = Fator de correção teórico.

F_{cea} = Fator de conversão éster metílico para ácido graxo.

5.5 PLANEJAMENTO DE MISTURAS BINÁRIO

O planejamento de misturas binário foi utilizado para avaliar a incorporação do abacate em substituição a fécula de batata, um dos

ingredientes presentes na farinha mista, nos pães isentos de glúten, até então otimizados com os hidrocolóides.

Os parâmetros analisados nos pães enriquecidos foram os mesmos do planejamento fatorial, volume específico e firmeza do miolo dos pães.

Na Tabela 3, é apresentado a matriz de ensaios do planejamento de misturas com os valores codificados e reais.

Tabela 3 - Matriz de ensaios do planejamento de misturas. Os valores reais de cada ingrediente estão demonstrados entre parênteses.

Ensaio	X' ₁ ^a (g)	X' ₂ ^b (g)
1	1,00 (52,20)	0,00 (0,00)
2	0,00 (0,00)	1,00 (52,20)
3	0,50 (26,10)	0,50 (26,10)
4	0,75 (39,15)	0,25 (13,05)
5	0,25 (13,05)	0,75 (39,15)

^a Fécula de batata; ^b Polpa de abacate.

Fonte: Autoria própria.

O percentual de cada uma das variáveis foi calculado em relação à proporção de fécula de batata presente na formulação base. As formulações foram realizadas aleatoriamente, em duplicata, com quatro repetições no ponto central.

As massas de água e óleo da formulação original foram substituídas conforme o aumento da massa da polpa de abacate, para que não houvesse alteração dos valores totais de água e óleo na formulação.

Assim como nas formulações anteriores, também foi utilizada nas formulações enriquecidas a função de desejabilidade com o intuito de se determinar a melhor formulação.

5.6 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES ENRIQUECIDAS

5.6.1 Composição Proximal

As análises de composição proximal (umidade, proteína, lipídeos, cinzas e carboidratos) foram realizadas nas formulações, com os valores de hidrocolóides otimizados, acrescidas da polpa de abacate, conforme técnicas descritas pelo método AOAC (1998) e já descritas anteriormente neste trabalho, utilizando 5,7 como fator de correção para conversão de proteína bruta em pães. O teor de lipídios foi determinado segundo Bligh&Dyer (1959), corrigindo o teor de umidade das amostras.

5.6.2 Esterificação e Transesterificação de AG, Análise Cromatográfica e Quantificação dos Ésteres Metílicos de AG.

A metodologia utilizada para a esterificação e transesterificação dos AG, análise cromatográfica e quantificação dos ésteres metílicos presentes na formulação enriquecida é igualmente descrita no tópico de caracterização das polpas de abacate.

5.6.3 Análise de textura.

A análise de firmeza do miolo dos pães foi realizada no mesmo dia do processamento, após seu resfriamento em texturômetro TA.HD Plus (Stable Micro Systems, UK), conforme o método da AACC 74-09 (AACC, 2000). O equipamento foi operado pelo programa *Stable Micro Systems* Ltda.

Para a análise, os pães foram divididos em fatias de 25 mm de espessura, comprimidos até 40% da altura com um probe cilíndrico de 36mm de diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0, 1,7 e 10,0 mm/s, respectivamente com força de gatilho 5 g.

O parâmetro firmeza considerado em Kg F^{-1} , foi obtido após a compressão das amostras e a análise da curva obtida pela relação entre força e tempo.

5.6.4 Volume Específico do Pão

O volume do pão foi analisado após seu resfriamento e determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço. Nesse método, o volume específico é calculado como o volume para peso proporção (cm^3/g) (ROSALES JUÁREZ et al., 2008).

$$\text{Volume específico} = \frac{\text{volume do pão (cm}^3\text{)}}{\text{massa do pão (g)}} \quad (3)$$

5.6.5 Avaliação da Cor

A avaliação da cor do miolo dos pães, determinada após o resfriamento das formulações, foi obtida com o auxílio de colorímetro (Konica Minolta Sensing, INC, Chroma Meter CR-400, JP) utilizando os parâmetros instrumentais de cor de acordo com o sistema CIE Lab L^* , a^* , b^* , definido pela CIE – Comissão Internacional de Iluminação.

Os resultados foram expressos em valores L^* , a^* e b^* , onde L^* (luminosidade ou brilho) varia do preto (0) ao branco (100), a^* do verde (-60) ao vermelho (+60) e b^* do azul (-60) ao amarelo (+60). A Figura 7, representa o espaço de cor para este sistema.

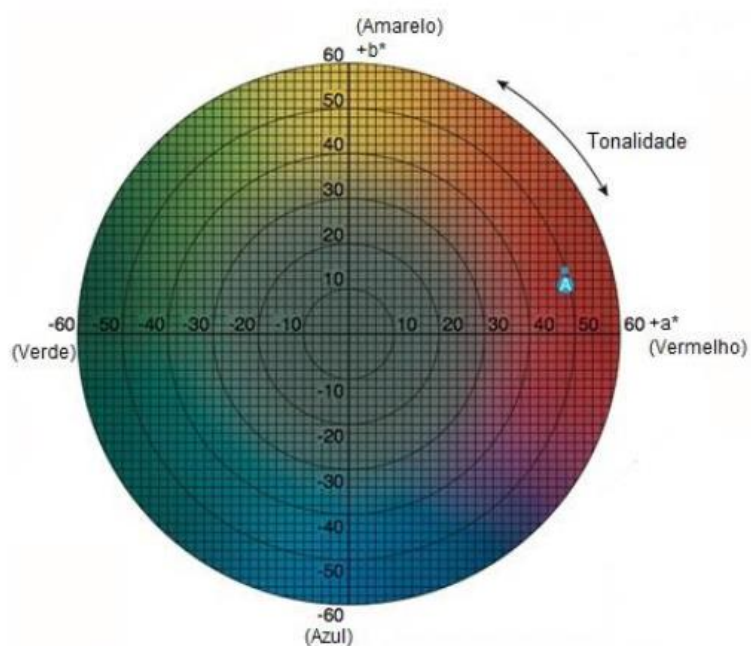


Figura 7 – Espaço de cor CIE Lab
Fonte: Konica Minolta (2015).

5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises físico-químicas e reológicas foram realizadas em triplicatas e os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de ANOVA e Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com auxílio do *software* Statistica 10.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 OTIMIZAÇÃO DOS HIDROCOLÓIDES NOS PÃES SEM GLÚTEN

Após o processamento dos pães, seguindo a matriz do planejamento fatorial (Tabela 2), realizou-se as análises dos parâmetros volume específico e firmeza do miolo dos pães.

O planejamento foi realizado em replicata nos pontos principais e em triplicata nos pontos centroides, para a estimativa de erro. Os valores expressos na Tabela 4 expressam uma média das triplicatas realizadas em cada formulação.

Tabela 4 – Respostas obtidas através da matriz de ensaios de um PFC 2²

Ensaio	X ₁ ^a (%)	X ₂ ^b (%)	Volume específico (cm ³ /g)	Firmeza (Kg F ⁻¹)
1	-1 (0,26)	-1 (0,26)	1,91	2229,62
2	+1 (0,77)	-1 (0,26)	1,63	3422,44
3	-1 (0,26)	+1 (0,77)	1,77	2355,51
4	+1 (0,77)	+1 (0,77)	1,58	3184,65
5	0 (0,51)	0 (0,51)	1,78	3204,62
6	0 (0,51)	0 (0,51)	1,73	3205,37
7	0 (0,51)	0 (0,51)	1,72	3247,17

^aHPMC; ^bGoma Xantana. Valores apresentados em (%) sobre o total da farinha mista.

Fonte: Autoria própria.

Os pães obtidos a partir desse planejamento são apresentados na Figura 8.

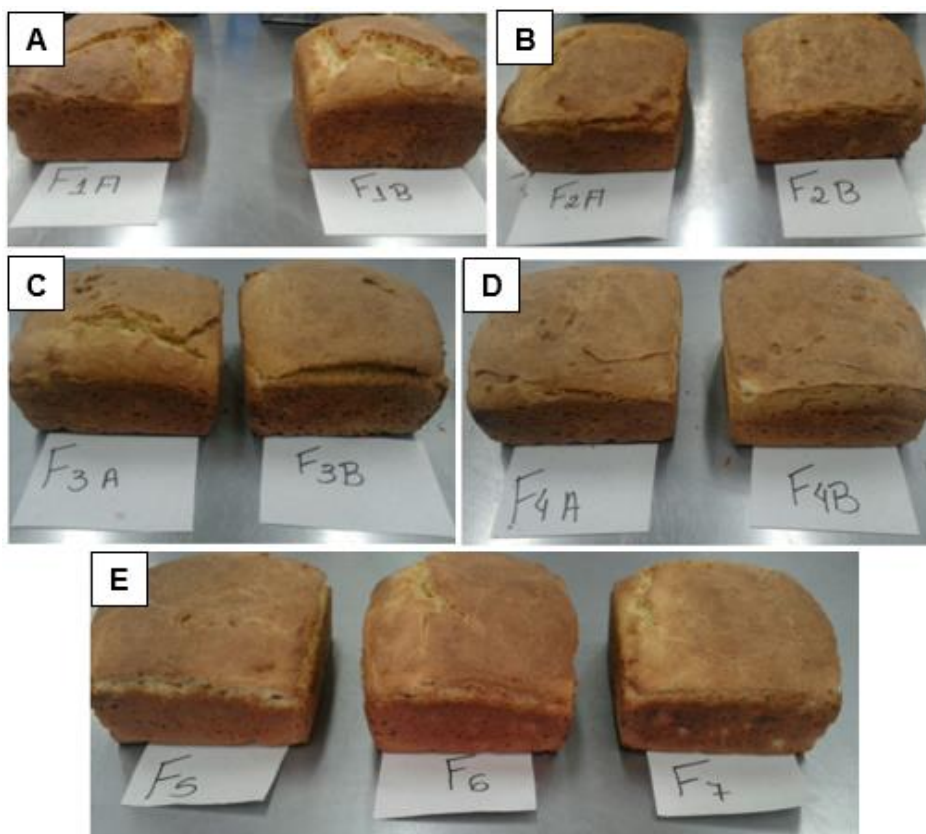


Figura 8 – Pães contendo os dois hidrocolóides em diferentes concentrações. (A) 0,26% HPMC, 0,26% Goma X. (B) 0,77% HPMC, 0,26% Goma X. (C) 0,26% HPMC, 0,77% Goma X. (D) 0,77% HPMC, 0,77% Goma X. (E) 0,51% HPMC, 0,51% Goma X. Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 5 estão apresentados os efeitos das variáveis sobre o volume específico e firmeza do miolo dos pães.

Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para Volume específico e Perfil de textura para o planejamento 2²

Fatores	Volume específico				Firmeza			
	Efeitos	Erro padrão	t _{Calc} (4)	p-valor	Efeitos	Erro padrão	t _{Calc} (4)	p-valor
Média	1,73	0,013	131,65	< 0,00001*	2978,48	109,88	27,10	< 0,00001*
X ₁ ^a	-0,23	0,03	-6,60	0,0027	1010,98	290,72	3,47	0,0254
X ₂ ^b	-0,09	0,03	-2,61	0,0588	-55,95	290,72	-0,19	0,8567

^aHPMC; ^bGoma Xantana
Fonte: Autoria própria.

Os efeitos de interação HPMC x Goma xantana, tanto para a resposta volume específico ($p=0,26$) quanto para a firmeza no miolo dos pães ($p=0,82$) não foram significativos e por isso, não são apresentados para este modelo.

Observa-se na Tabela 5 que o efeito da concentração de HPMC foi significativo para ambas as respostas ($p<0,05$), entretanto, não se pode afirmar o mesmo para a concentração de goma xantana.

Os efeitos principais da goma xantana foram não significativos, entretanto, observa-se que para a resposta volume o valor de $p=0,058$ é muito próximo do nível de confiança atribuído, portanto, manteve-se esta variável, pois considera-se importante nesta avaliação preliminar.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas as superfícies de resposta para o volume específico e firmeza do miolo dos pães em função de HPMC e Goma xantana.

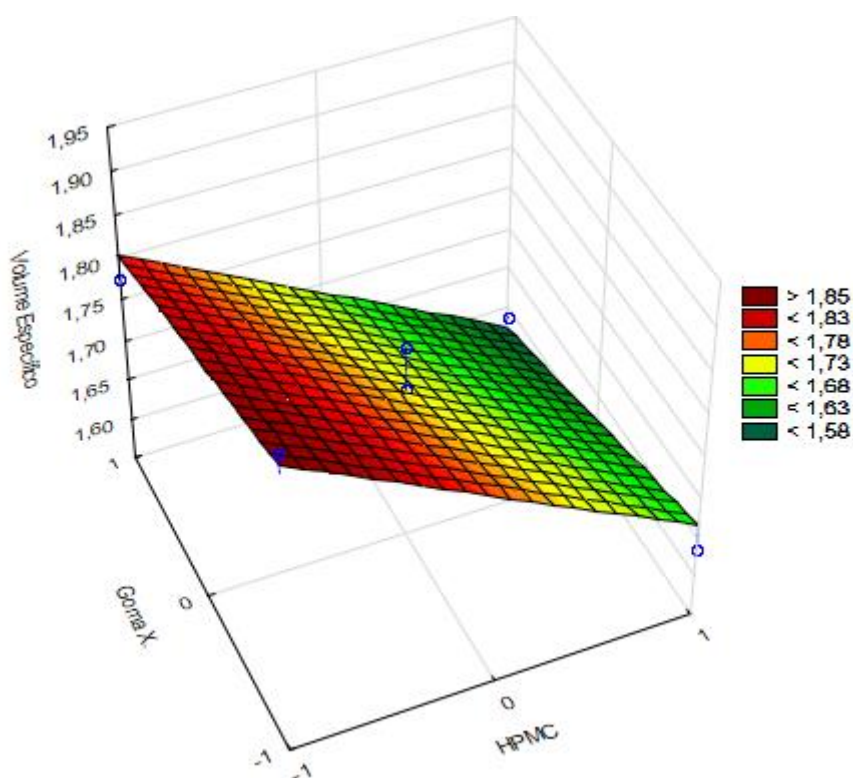


Figura 9 – Superfície de resposta para o volume específico
Fonte: Autoria própria.

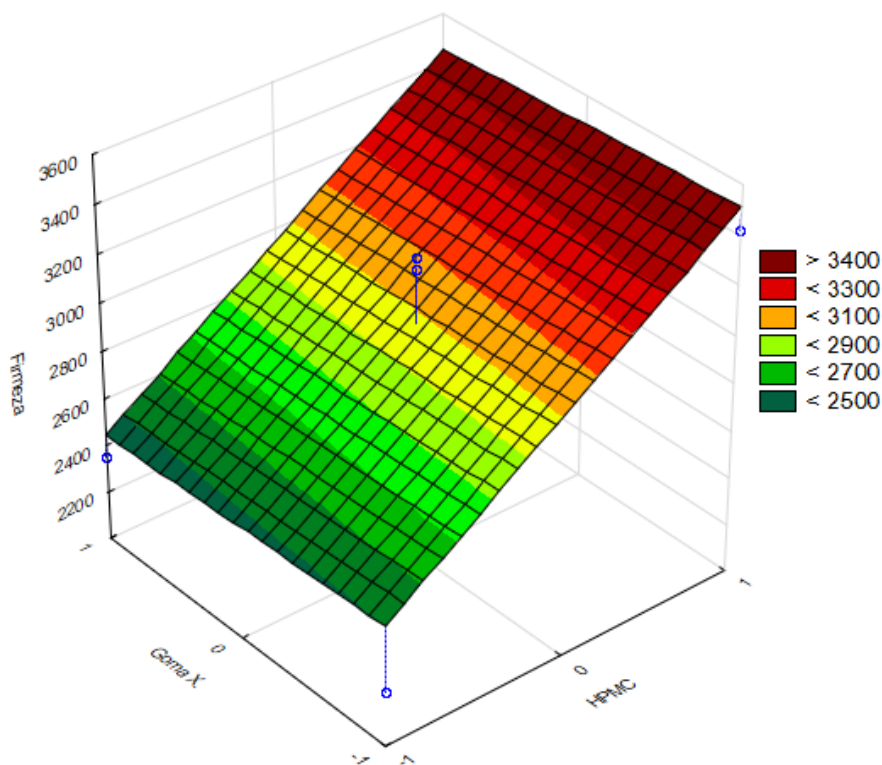


Figura 10 - Superfície de resposta para perfil de textura
Fonte: Autoria própria.

É possível observar na Figura 9, que o maior valor para a resposta volume específico está compreendido entre os níveis inferiores (-1), tanto de HPMC, quanto de goma xantana. Porém, para a resposta firmeza, é visível na superfície (Figura 10), que o maior valor encontra-se no nível superior (1) da variável HPMC e que não se observa o efeito da goma.

Alguns estudos como os apresentados por Crockett et al. (2011), Tubari et al. (2008), Preichardt et al. (2011), Rosell et al. (2001) e Gallagher et al. (2004), apontam que as concentrações de hidrocolóides que apresentam melhores resultados em termos de volume e textura foram encontrados com concentrações de 0,5% a 2% m/m da base farinácea.

Rosell et al. (2001), estudaram o efeito da adição de 0,5% m/m (base farinácea) de diferentes hidrocolóides nas propriedades reológicas da massa de farinha de trigo e a qualidade final do pão. Neste estudo foi observado que a firmeza do miolo aumentou com a adição de goma xantana, o que pode ser explicado pelo efeito fortalecedor deste hidrocolóide sobre a estrutura da massa.

Lazaridou et al. (2007), também investigaram o efeito da adição de 1% e 2% m/m (base farinácea) de diferentes hidrocolóides na qualidade do pão isento de glúten formulados com farinha de arroz e amido de milho. Os autores constataram que a adição de goma xantana na proporção de 1% m/m não alterou o volume do pão, e que, na proporção de 2% m/m houve uma diminuição do mesmo. De maneira geral, a firmeza do miolo foi maior em relação a formulação controle quando a goma foi acrescentada em ambas concentrações.

Os resultados obtidos apresentados nas Figuras 9 e 10, são satisfatórios ao nível que se deseja obter um pão com maior volume e menor firmeza. Nesse sentido, por meio da função de desejabilidade obteve-se as condições necessárias para a elaboração de um pão com essas características. Na Figura 11, é possível visualizar as respostas obtidas para a formulação desejada.

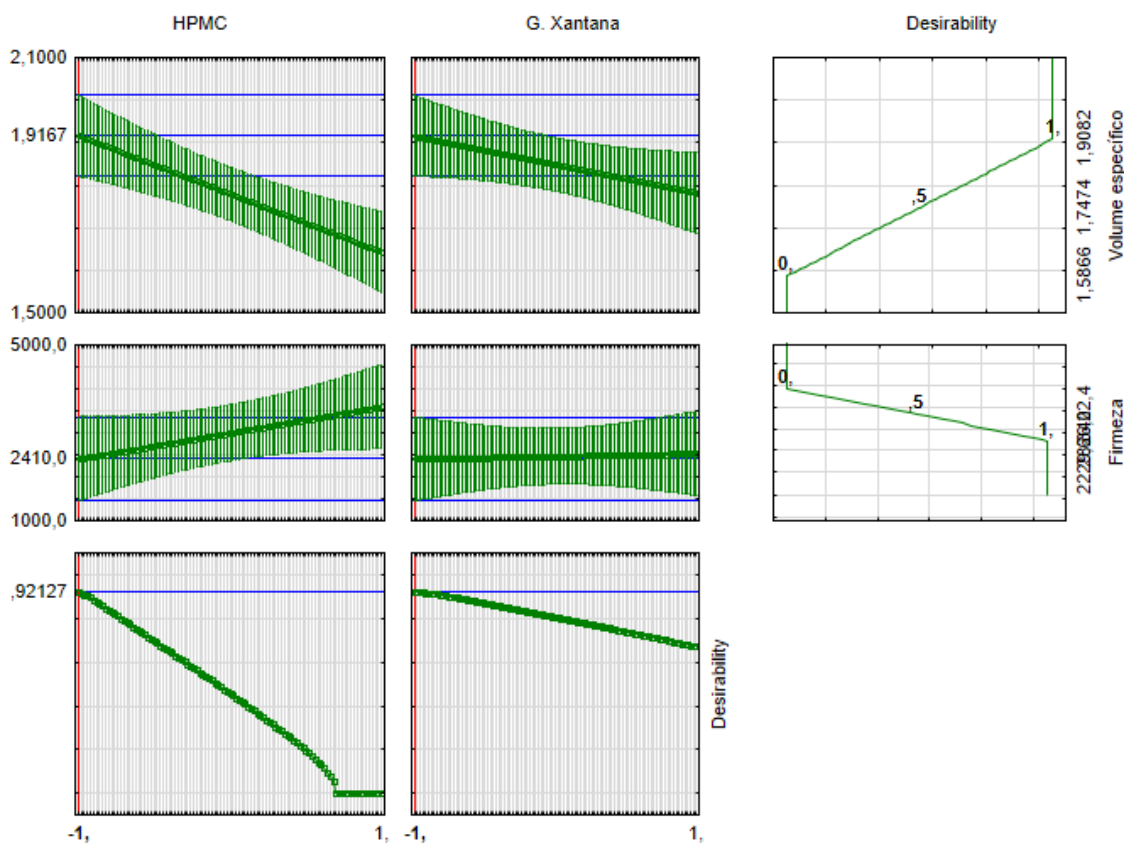


Figura 11 – Respostas da função desejabilidade para os pães otimizados
Fonte: Autoria própria.

A partir da função de desejabilidade conclui-se que para a obtenção de uma formulação que possua maior volume e um miolo mais “macio”, é necessário trabalhar com as duas variáveis em níveis inferiores (-1).

Entretanto, como mencionado anteriormente, a variável goma xantana, não possui efeito significativo na firmeza do miolo dos pães, mas, apresenta um valor $p=0,0588$ na resposta volume específico. Desta maneira, sabendo que esse hidrocolóide auxilia na retenção de gás e no aumento do volume específico dos produtos de panificação (PREICHARDT, 2009), optou-se por realizar uma formulação teste com ausência de goma xantana para verificar a influência desta sobre as características desejadas do pão.

Ao realizar o teste somente com o HPMC e na menor concentração, conforme resultado do delineamento experimental (Tabela 5; Figuras 9 e 10). Os pães contendo somente o HPMC apresentaram um valor superior de volume específico e inferior ao valor de firmeza quando comparado a formulação que continha os dois hidrocolóides (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultados para comparação dos parâmetros volume específico e perfil de textura entre os ensaios 1 e o ensaio teste

Ensaio	Volume específico (cm ³ /g)	Firmeza (Kg F ⁻¹)
1	1,91	2229,62
Teste	2,20	1617,89

Resultados obtidos a partir das médias das replicatas.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 12 é possível verificar a formação de um miolo contínuo, com alvéolos bem formados e uma crosta muito semelhante aos pães do planejamento 2² (FIGURA 8(A)).

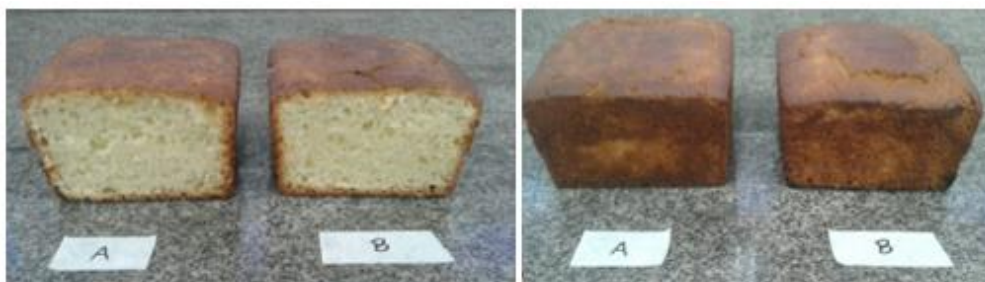


Figura 12 – Formulações teste contendo apenas HPMC
Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos com as análises do delineamento experimental e do teste com apenas um hidrocolóide, permitiram a seleção do HPMC, devido a sua significância, para aplicação na segunda fase deste estudo, que pretende analisar a incorporação da polpa de abacate nos pães sem glúten otimizados.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE ABACATE

Quanto a caracterização da composição proximal da polpa abacate, após seu processamento em *mixer*, realizou-se as análises físico químicas, cujos resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados para a composição proximal da polpa do Abacate em base úmida.

	Polpa de Abacate^a
Proteína bruta (%)	0,78±0,04
Lipídios totais (%)	3,07±0,66
Umidade (%)	85,02±0,07
Cinzas (%)	0,63±0,08
Carboidratos (%) ^b	10,49±0,50
Valor Calórico (Kcal 100 g ⁻¹) ^c	72,74±3,77

^aResultados expressos como Média ± Desvio padrão, em base úmida. ^bOs carboidratos totais foram calculados por diferença: 100 - (% umidade +% cinzas + % proteína bruta + % lipídios totais). ^cO valor calórico (Kcal 100 g⁻¹ da amostra) foi calculado pela soma das porcentagens de proteína bruta e carboidratos totais multiplicados pelo fator 4 (Kcal g⁻¹) somado ao teor de lipídios totais multiplicados pelo fator 9 (Kcal g⁻¹).

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Tabela 7 que a maior parte da composição da polpa é água, tendo em vista o percentual de umidade de aproximadamente 85%. Valores próximos foram alcançados por Chaves et al. (2013), na determinação da composição da polpa de abacate Margarida *in natura* e assemelham-se aos valores descritos pela TACO (UNICAMP, 2006).

Em um estudo sobre o óleo de abacate como matéria prima para a indústria alimentícia, Salgado e colaboradores (2008), realizaram a determinação da composição proximal das polpas. De acordo com seus resultados, o percentual de água obtido é superior a 50%. Os valores de cinzas e carboidratos também assemelham-se as respostas alcançadas por esses autores 0,60% e 7,25% respectivamente.

O percentual proteico obtido nas polpas difere-se dos estudos de Salgado et al. (2008) e Jorge et al. (2015), que obtiveram porcentagens superiores a 0,78%, entretanto estão próximos aos descritos pela TACO (UNICAMP, 2006).

O valor calórico encontrado na polpa (72 Kcal 100 g⁻¹) é inferior ao descrito pela TACO (96 Kcal 100 g⁻¹) (UNICAMP, 2006).

Conforme Tango et al. (2004) e Oliveira et al. (2013), o teor de lipídeos de diferentes variedades de abacate varia entre 5,3 e 31,1%. O valor apresentado 3,07% pode estar relacionado com o tempo de maturação, visto que, de acordo com Medina (1978), a época de colheita tem influência na composição dos frutos.

Segundo esse autor os frutos colhidos 30 dias antes da época considerada normal para a colheita apresentam menores porcentagens de matéria graxa e teores mais elevados de água na polpa.

Em relação a composição de ácidos graxos (Tabela 8), presentes nas frações lipídicas da polpa de abacate, os ácidos palmítico (16:0), palmitoleico (16:1n-9), esteárico (18:0), oleico (18:1n-9), linoleico (18:2n-6) e alfa-linolênico (18:3n-3) foram encontrados majoritariamente.

Tabela 8 - Ácidos graxos majoritários da polpa de abacate Margarida expressos em g 100 g⁻¹ da fração lipídica

Ácidos graxos	Polpa de abacate
16:0	54,06±0,555
16:1n-9	0,452±0,116
18:0	3,059±0,146
18:1n-9	0,049±0,005
18:2n-6	31,82±0,078
18:3n-3	3,49±0,159
AGS	57,12±0,425
AGMI	0,501±0,116
AGPI	35,32±0,226
AGPI:AGS	0,618±0,009
n-6:n-3	9,128±0,389

Resultados expressos como Média ± Desvio padrão das análises em triplicata.

AGS – Ácidos Graxos Saturados. AGMI – Ácidos Graxos Monoinsaturados. AGPI – Ácidos Graxos Polinsaturados. n-6 e n-3 – Razão entre os ácidos das famílias ômega 6 e ômega 3.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se afirmar que a fração lipídica presente na polpa dos abacates Margarida estudados, é composta em sua maioria de ácidos graxos saturados, 57 g 100 g⁻¹ da fração lipídica, que equivale a aproximadamente 57%, assemelhando-se aos resultados obtidos por Tango et al. (2004), Ferrari (2015) e Massafera et al. (2010), que observaram valores próximos ou superiores a 51% de ácidos graxos monoinsaturados nas frações lipídicas das variedades Hass, Fuerte, Fortuna, Ouro verde e Princesa.

Entretanto, esta composição de ácidos graxos pode ser influenciada pelas cultivares, estágio de maturidade, região anatômica da fruta e localização geográfica para crescimento das plantas (TANGO et al., 2004).

Jorge et al. (2015), comparando os resultados obtidos entre as variedades Margarida e Hass observaram que a variedade Margarida apresentou maior teor de ácido palmítico (16:0), assim como maiores quantidades de ácidos graxos polinsaturados n-6 e n-3, linoleico (14,84 g 100 g⁻¹ de fração lipídica) e alfa-linolênico (1,25 g 100 g⁻¹ de fração lipídica), respectivamente.

Os AG das famílias ômega 6 e ômega 3 têm sido muito estudados a partir da década de 90. Esses estudos esclarecem as funções desses ácidos

no organismo humano e a importância de sua ingestão na fase gestacional, ao longo da vida e em diversas doenças, sobretudo degenerativas (HORNSTRA, 2000; SANGIOVANNI, 2000; YEHUDA, 2002; YODIM et al., 2000).

A razão entre a ingestão diária de alimentos fontes destes AG é de tão grande importância na nutrição humana que muitas recomendações são estabelecidas por órgãos de saúde e autores em diferentes lugares do mundo (MASSAFERA et al., 2010).

As razões de 2:1 (n-6:n-3) a 3:1 têm sido recomendadas por alguns autores por possibilitar uma maior conversão do ácido alfa linolênico em ácidos n-3. Nas últimas décadas, tem-se verificado, que a ingestão média da razão n-6:n-3 está entre 10:1 a 20:1 (SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2004).

No presente estudo é possível destacar a proporção 9:1 da razão n-6:n-3, constatando ser um fruto com alto potencial de aplicabilidade no enriquecimento de outros alimentos, carentes dessa família de AGs.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES ENRIQUECIDOS COM POLPA DE ABACATE

Após a otimização dos hidrocolóides e caracterização da polpa de abacate, com o auxílio do planejamento de misturas binário realizou-se o processamento dos pães enriquecendo-os com abacate.

As respostas dos parâmetros volume e firmeza foram analisadas estatisticamente num intervalo de 95% de confiança e são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Teste de Tukey aplicado aos parâmetros volume específico e firmeza no planejamento de misturas binário em pães enriquecidos com polpa de abacate

Ensaio	Componentes		Respostas	
	x1 ^a	x2 ^b	Volume específico (cm ³ g ⁻¹)	Firmeza (Kg F ⁻¹)
1	1,00	0,00	2,19±0,0205 ^a	2260,1±131,0 ^a
2	0,00	1,00	1,83±0,0646 ^c	1600,3±128,0 ^b
3	0,50	0,50	1,98±0,0003 ^b	1945,6±83,8 ^{ab}
4	0,75	0,25	2,02±0,0004 ^b	2103,9±238,5 ^a
5	0,25	0,75	1,94±0,0239 ^b	1724,4±46,0 ^b

^a Fécula de batata; ^b Polpa de abacate.

Resultados expressos como Média ± Desvio padrão.

Os ensaios seguidos por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente no teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na resposta volume específico que o ensaio 1 apresentou maior volume e o ensaio 2 menor volume, diferindo-se das demais formulações. O ensaio 1 não continha abacate e o ensaio 2 não continha fécula de batata, portanto, verifica-se que conforme adiciona-se polpa o volume específico do pão tende a ser menor.

Em relação ao parâmetro firmeza o que se constata é justamente o oposto, quanto maior a quantidade de polpa adicionada menor a firmeza, ou seja, pães com miolo “macio”, pois os ensaios 1 e 4 que continham 0% e 25% de polpa de abacate (menores concentrações), apresentaram maior valor de firmeza e diferiram estatisticamente dos demais ensaios.

As formulações enriquecidas com a polpa de abacate podem ser visualizadas na Figura 13.

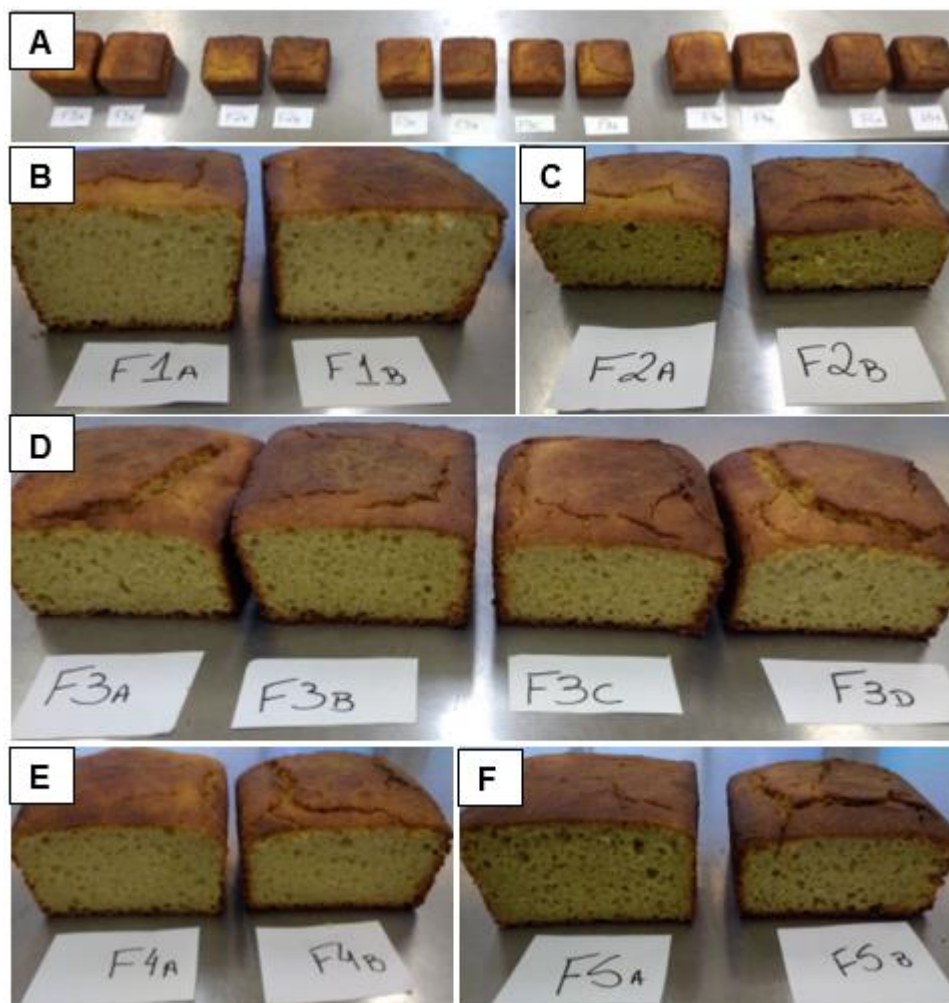


Figura 13 – Formulações acrescidas de polpa de abacate. (A) Todos os ensaios. (B) Ensaio 1. (C) Ensaio 2. (D) Ensaio3. (E) Ensaio 4. (F) Ensaio 5
 Fonte: Autoria própria.

A composição proximal dos pães acrescidos de polpa de abacate obtida pelos métodos oficiais citados no item 5.4, está disposta na Tabela 10.

Observa-se que o máximo percentual obtido para os valores de proteína bruta encontra-se no ensaio 2, que contém 100% de polpa, entretanto não diferiu estatisticamente do ensaio 5 (75% x2). O ensaio 1(0% x2) apresentou o menor percentual, ou seja, com a adição da polpa elevou-se o valor proteico dos pães demonstrando seu potencial de enriquecimento nutricional.

Tabela 10 - Média dos valores, em base úmida (%) para a composição proximal nos ensaios de pães com polpa de abacate.

Ensaio	Proteína Bruta	Lipídeos totais	Umidade	Cinzas	Carboidratos	Valor Calórico**
1	3,85±0,07 ^d	12,87±1,20 ^b	28,15±0,15 ^b	0,78±0,01 ^e	54,35±1,34 ^a	348,63±5,50 ^c
2	4,58±0,09 ^a	18,27±1,16 ^a	29,51±0,16 ^a	1,05±0,01 ^a	46,59±1,06 ^c	369,14±6,40 ^{ab}
3	4,24±0,13 ^{bc}	17,51±0,87 ^a	27,73±0,13 ^c	0,91±0,01 ^c	49,60±0,64 ^b	372,97±4,83 ^a
4	4,10±0,02 ^{cd}	14,63±0,69 ^b	27,51±0,04 ^c	0,86±0,02 ^d	52,90±0,71 ^a	359,67±3,32 ^{bc}
5	4,50±0,15 ^{ab}	17,28±0,60 ^a	28,24±0,07 ^b	0,99±0,01 ^b	48,99±0,53 ^{bc}	369,47±2,82 ^{ab}

Resultados expressos como Média ± Desvio padrão das análises em triplicata. ** Kcal 100 g⁻¹ da amostra. Os ensaios seguidos por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente no teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Autoria própria.

Assim como para os teores de proteína, os teores de cinzas, lipídeos totais e umidade, também apresentaram maior percentual no ensaio 2. No teor de cinzas e umidade o ensaio 1 diferiu-se dos demais ensaios e no teor de lipídeos totais diferiu-se dos ensaios 1 e 4 que continham 0% e 25% de polpa, respectivamente.

O percentual de carboidratos foi superior nos pães que praticamente não continham polpa (ensaios 1 e 4), o que pode ser justificado, pelo percentual de carboidratos presente na batata pois a fécula de batata deriva deste tubérculo. De acordo com a TACO (2006) a batata inglesa crua apresenta 14,7% enquanto que o abacate utilizado apresenta aproximadamente 10%.

Tendo em vista a composição proximal dos pães, é possível constatar que o valor calórico é maior nos pães que continham maior concentração de polpa (ensaios 2, 3 e 5), pois um intervalo de 95% de confiança não divergiram entre si.

Na Tabela 11, são apresentados as médias dos valores de AG encontrados nas formulações enriquecidas.

Os AG majoritários identificados nas formulações são os ácidos palmítico (16:0), palmitoleico (16:1n-9), esteárico (18:0), oleico (18:1n-9), linoleico (C18:2n-6) e alfa-linolênico (18:3n-3).

Tabela 11 – Média dos valores dos ácidos graxos (g 100 g⁻¹ de alimento) encontrados nos pães enriquecidos com polpa de abacate

Ácidos Graxos	Formulações				
	1	2	3	4	5
16:0	2,097±0,193 ^b	3,109±0,197 ^a	2,946±0,180 ^a	2,476±0,138 ^b	3,045±0,087 ^a
16:1n-9	0,222±0,020 ^b	0,340±0,021 ^a	0,315±0,017 ^a	0,256±0,014 ^b	0,348±0,009 ^a
18:0	2,008±0,185 ^b	2,825±0,172 ^a	2,755±0,174 ^a	2,328±0,125 ^{ab}	2,747±0,075 ^a
18:1n-9	0,107±0,010 ^c	0,154±0,009 ^a	0,149±0,010 ^a	0,128±0,010 ^{bc}	0,143±0,004 ^{ab}
18:2n-6	2,422±0,228 ^b	3,604±0,231 ^a	3,422±0,224 ^a	2,890±0,164 ^b	3,483±0,096 ^a
18:3n-3	7,313±0,679 ^c	10,246±0,659 ^a	9,823±0,423 ^{ab}	8,173±0,442 ^{bc}	9,539±0,382 ^{ab}
AGS	18,833±0,120 ^b	18,397±0,105 ^a	18,474±0,152 ^a	18,160±0,447 ^b	19,197±0,078 ^a
AGMI	2,097±0,193 ^c	3,109±0,197 ^a	2,946±0,180 ^a	2,476±0,138 ^{bc}	3,045±0,087 ^{ab}
AGPI	0,222±0,020 ^b	0,340±0,021 ^a	0,315±0,017 ^a	0,256±0,014 ^b	0,348±0,009 ^a
AGPI/AGS	0,325±0,035 ^a	0,495±0,036 ^c	0,476±0,045 ^b	0,414±0,038 ^b	0,438±0,009 ^c
n-6:n-3	7,091±0,660 ^{ab}	9,906±0,638 ^{bc}	9,508±0,405 ^{bc}	7,916±0,430 ^c	9,191±0,374 ^a

Resultados expressos como Média ± Desvio padrão das análises em triplicata.

Os ensaios seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente no teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95%. Nd= não detectado. AGS – Ácidos Graxos Saturados. AGMI – Ácidos Graxos Monoinsaturados. AGPI – Ácidos Graxos Polinsaturados. n-6 e n-3 – Razão entre os ácidos das famílias ômega 6 e ômega 3.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se afirmar que os pães contendo maior percentual de polpa (2, 3 e 5), são compostos, em sua maioria de AG monoinsaturados, provenientes tanto do abacate quanto do azeite de oliva utilizado, pois de acordo com a Instrução Normativa nº 1, de 30 de janeiro de 2012, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2012), o azeite é rico em AG monoinsaturados, principalmente os ácidos palmitoleico (16:1n-9) e oleico (18:1n-9).

A razão n-6:n-3 é superior no ensaio 5, entretanto não diferiu do ensaio 1, que não continha polpa de abacate. Os valores obtidos nessa razão são superiores ao recomendado por alguns autores (HORNSTRA, 2000; SANGIOVANNI, 2000; YEHUDA, 2002; YODIM et al., 2000; SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2004).

A composição proximal e de AGs obtidos nos pães enriquecidos com abacate comparados com os resultados do ensaio 1, que não possuía polpa, demonstram que o fruto pode enriquecer o produto agregando um maior valor nutricional.

Em relação a característica cor do miolo dos pães, observa-se na Tabela 12, que os ensaios 1 e 4 não se distinguem no parâmetro luminosidade (L), e apresentam maior valor neste critério.

Tabela 12 – Avaliação de Cor segundo sistema CIE Lab, nos pães enriquecidos com abacate

Variáveis	Ensaio				
	1	2	3	4	5
L*	68,08±0,520 ^a	59,77±0,965 ^c	61,47±0,158 ^b	66,64±0,593 ^a	59,12±0,505 ^c
a*	-7,86±0,050 ^a	-8,09±0,210 ^{ab}	-8,59±0,010 ^c	-8,09±0,066 ^{ab}	-8,43±0,282 ^{bc}
b*	24,36±0,265 ^d	32,83±0,554 ^a	29,46±0,045 ^{bc}	28,86±0,265 ^c	30,61±1,070 ^b

Resultados expressos como Média ± Desvio padrão das análises em triplicata.

Os ensaios seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente no teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Autoria própria.

Com relação ao parâmetro a* verifica-se a coloração de um tom esverdeado, pois a* varia de verde (-60) a vermelho (+60), do qual os ensaios 1 e 2 não diferiram significativamente. Entretanto, no parâmetro b* o ensaio 2 obteve maior média e por isso, é possível afirmar que tende a uma coloração mais amarela, haja visto que b* varia do azul (-60) ao amarelo (+60).

Os resultados obtidos a partir do planejamento de misturas binário foram satisfatórios ao nível que se deseja obter um pão com maior volume e menor firmeza. Sendo assim, aplicou-se novamente a função de desejabilidade para os parâmetros volume e firmeza. Na Figura 14, é possível visualizar as respostas obtidas para a formulação desejada.

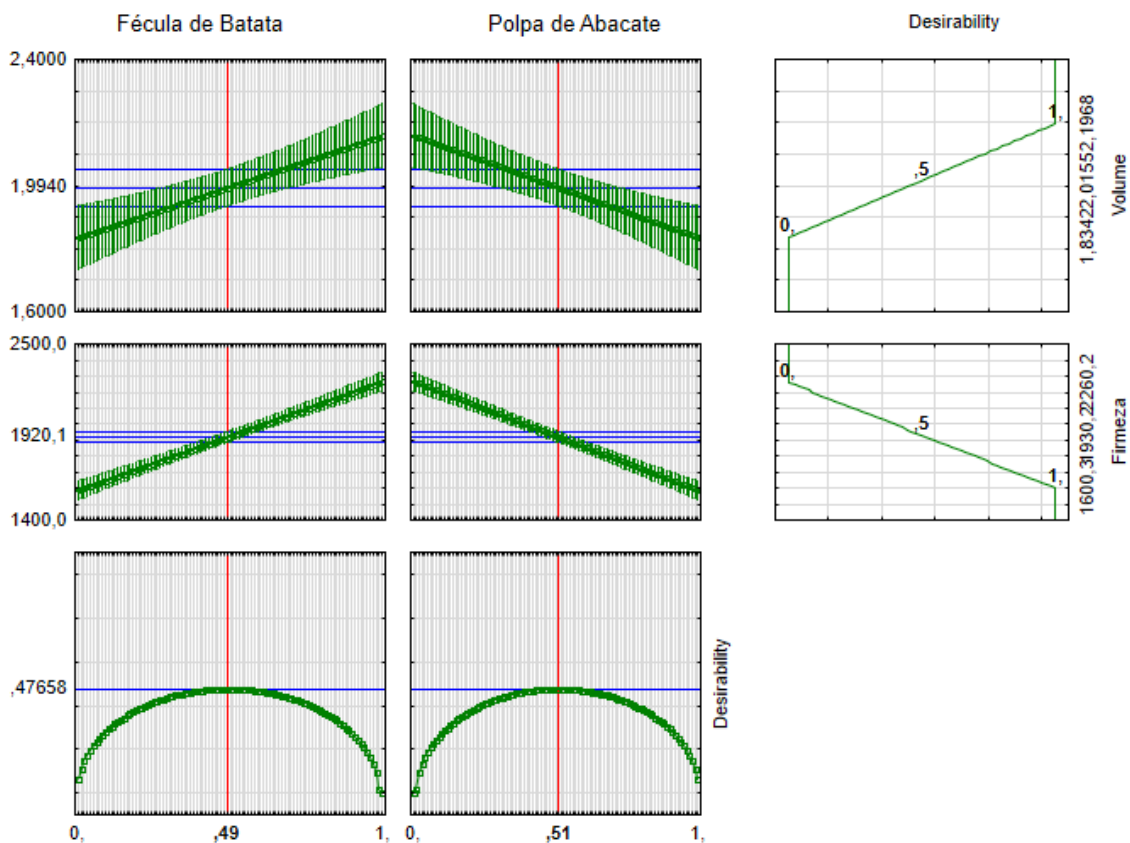


Figura 14 - Respostas da função desejabilidade para os pães enriquecidos com polpa de abacate.

Fonte: Autoria própria.

A partir da função de desejabilidade conclui-se que a formulação que mais se enquadra no perfil desejado é o ponto centroide, ou seja, o ensaio 3 (Tabela 9). As concentrações das variáveis são de 50% cada, desta forma, atende-se a característica de um pão que possua maior volume e um miolo menos firme e mais “macio”.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados apontam 0,26% (m/m) como a concentração de hidroxipropilmetilcelulose, que apresenta a região de obtenção do maior volume e menor firmeza nos pães. O efeito da goma xantana não apresentou significância ao modelo e com o auxílio de testes secundários foi possível constatar que esta variável não apresentou efeito sobre as características reológicas desejadas e por isso, não foi utilizada. Desta maneira, observa-se que não houve sinergismo entre as variáveis como era esperado, tendo em vista os efeitos significativos do HPMC e não significativos na interação Goma x HPMC.

A caracterização das polpas de abacate foi fundamental para compreender o possível comportamento físico químico dos pães enriquecidos. O abacate estudado apresentou uma porcentagem significativa de ácidos graxos saturados (57 g 100 g⁻¹ de fração lipídica), mas, também apresentou um alto valor de ácidos graxos poliinsaturados (35 g 100 g⁻¹ de fração lipídica) como os ácidos das famílias n-6 e n-3.

As formulações contendo maior concentração de polpa apresentaram elevados teores de proteína bruta (4,2 a 4,5%), cinzas (0,91 a 1,05%), umidade (29,5%) e lipídeos totais (17,2 a 18,2%), em consequência maior valor calórico (369 a 372 Kcal 100 g⁻¹). Entretanto, a formulação que não continha abacate apresentou teores de carboidratos superiores (54,3%) quando comparado aos ensaios que foram enriquecidos.

Quanto aos ácidos graxos identificados, obteve-se um percentual maior de ácidos graxos monoinsaturados, devido a presença do abacate e do azeite de oliva nos ensaios com níveis superiores de polpa.

Por fim, foi possível identificar o ponto centroide do planejamento de misturas, através da função de desejabilidade, como o melhor pão em relação ao volume específico e firmeza do miolo.

Sugere-se em trabalhos futuros a realização do teste de aceitabilidade desses pães, assim como novos estudos de otimização dos demais hidrocolóides na presença de HPMC.

8 REFERÊNCIAS

A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. Saint Paul: AACC Internacional, 2000.

ACELBRA. **Associação dos celíacos do Brasil**. Disponível em:< <http://www.ancelbra.org.br/2004/index.php>>. Acesso em: maio de 2017.

ANDRADE, A. A. et al. Avaliação sensorial de panificação enriquecidos com farinha de feijão branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**, v. 5, n. 8, p. 727-39, 2011.

AOAC official method 934.06. Moisture in dried fruits. **Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Edn, 4th revision**, v. 2, p. 4, 1998.

ARAÚJO, Wilma M. C.; MONTEBELLO, Nancy di P.; BOTELHO, Raquel B. A. et al. **Alquimia dos alimentos**. 2. ed. Brasília: SENAC, 2009.

ARENDDT, Elke K.; BELLO, Fabio D. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. Academic Press. Jun. 2008

ASHLAND. **Soluções em ingredientes para alimentos**. Disponível em:< http://www.ashland.com/Ashland/Static/Documents/ASI/PC_10238PT_Food_Ingredients_PT.pdf>. Acesso em novembro de 2017.

BARAK, Sheweta; MUDGIL, Deepak; KHATKAR, B. S. Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 3, p. 357-368, 2015.

BÁRCENAS, María E.; ROSELL, Cristina M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat Bread. **Food Hydrocolloids**. v. 19, n. 6, p.1037-1043, nov. 2005.

BLIGH, E. Graham; DYER, W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOCK, J.; SEETHARAMAN, K. Unfolding gluten: An overview of research on gluten. **Cereal Foods World**, v. 57, n. 5, p. 209-214, 2012.

BOTELHO, Fabiana de Souza. **Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho**. 2012. Tese de Doutorado. ISA/UTL.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 1, de 30 de janeiro de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 fev. 2012. Disponível em: <http://www.lex.com.br/doc_22871594_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_30_DE_JANEIRO_DE_2012.aspx>. Acesso em dezembro de 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011**.

BRASIL. Resolução - RDC no. 12. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2001.

BRASIL. Lei Federal 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2003.

CANTO, WL do; SANTOS, LC dos; TRAVAGLINI, M. M. E. Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa. **Campinas: ITAL**, 1980.

CAPELASSI, Angélica N.; BITTENCOURT, Paulo R. S.; RODRIGUES, Angela C. et al. Disponibilidade de alimentos isentos de glúten em supermercados de Maringá-PR. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**. v. 3, n. 1, p. 05-10, jun/ago, 2013

CAPRILES, Vanessa Dias. **Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecidos com frutanos**,

para intervenção em celíacos. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAPRILES, Vanessa Dias; ARÊAS, José Alfredo G. Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 5, p. 871-890, 2014.

CASTRO, P. Dominguez et al. Changes in Presentation of Celiac Disease in Ireland From the 1960s to 2015. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, 2016.

CHAVES, Marcia Alves et al. Elaboração de biscoito integral utilizando óleo e farinha da polpa de abacate. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 2, 2013.

CROCKETT, R., Ie, P., VODOVOTZ, Y. (2011). **How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model Gluten-Free Dough?** *Journal of Food Science* 76: 274-282.

DAIUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. A.; VIEITES, R. L.; ALENCAR, S. M.; Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2014, vol.36, n.2, pp. 417-424.

DAMODARAN, PARKIN. KL; FENNEMA, OR *Química de Alimentos de Fennema*, 4ª Edição. **Editora, Artmed SA**, 2010.

DERRINGER, George. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of quality technology**, v. 12, n. 4, p. 214-219, 1980.

DOBRSZCZYK, B.J., GRANT, M., CAMPBELL, GAN, Z. (2001). **Bread: A unique food.** In: D.A.V. Dendy, B.J. Dobraszczyk, *Cereals and cereal products: chemistry and technology.* (pp. 182-232). Aspen Publications, Gaithersburg, ML

DOWD, A. Justine; JUNG, Mary E. Self-compassion directly and indirectly predicts dietary adherence and quality of life among adults with celiac disease. **Appetite**, v. 113, p. 293-300, 2017.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. **Codex Alimentarius**. Disponível em <<http://www.codexalimentarius.org/>>. Acesso em novembro de 2017.

FARIA, Flaviana Andrade. **Propriedades físico-químicas de abacate submetido à secagem convectiva e desidratação osmótica**. 2012. 109 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88399>>. Acesso em: maio de 2017.

FASANO, Alessio et al. Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. **Archives of internal medicine**, v. 163, n. 3, p. 286-292, 2003.

FASANO, Alessio. Zonulin and its regulation of intestinal barrier function: the biological door to inflammation, autoimmunity, and cancer. **Physiological reviews**, v. 91, n. 1, p. 151-175, 2011.

FERRARI, Roseli Aparecida. Nota Científica: Caracterização físico-química do óleo de abacate extraído por centrifugação e dos subprodutos do processamento/Scientific Note: Physicochemical characterization of avocado oil extracted by centrifugation and of the process byproducts. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 79, 2015.

FIGUEIRA, Felipe da Silva et al. Elaboration of gluten-free bread enriched with the microalgae *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011.

FOOD INGREDIENTS BRASIL - FIB. **Estabilizantes**. Barueri, n. 14, p.42-48, jun/jul. 2010. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/145.pdf>>. Acesso em novembro de 2017.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 2, p. 153-161, 2003.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, Elke K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 3, p. 143-152, 2004.

GLOBAL Gluten-Free Products Market Research Report, 2016. Disponível em: <[http:// www.gosreports.com/global-gluten-free-products-market-research-report- 2016/#](http://www.gosreports.com/global-gluten-free-products-market-research-report-2016/#)>. Acesso em: maio de 2017.

GOBBETTI, Marco et al. How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food science perspective. **Food Research International**, 2017.

HAGER, Anna-Sophie; ARENDT, Elke K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 195-203, 2013.

HARTMAN, Leopold; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory practice**, v. 22, n. 6, p. 475-6 passim, 1973.

HOUBEN, Andreas; HÖCHSTÖTTER, Agnes; BECKER, Thomas. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 195-208, 2012.

HORNSTRA, Gerard. Essential fatty acids in mothers and their neonates. **The American journal of clinical nutrition**, v. 71, n. 5, p. 1262s-1269s, 2000.

IMESON, Alan (Ed.). **Food stabilisers, thickeners and gelling agents**. John Wiley & Sons, 2011.

INTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo: ANVISA**, 2008.

JORGE, Tamara de Souza et al. Physicochemical and rheological characterization of avocado oils. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 4, p. 390-400, 2015.

KAMIOKA, Gabriela Akemi; STEDEFELDT, Elke; DOMENE, Semíramis Martins Alvares. Doença Celíaca no município de São Paulo: a disponibilidade de um mercado específico. **Nutrire Rev. Soc. Bras. Aliment. Nutr**, p. 201-219, 2013.

KOKSEL, H. F. (2009). **Effects of xanthan and guar gums on quality and staling of gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar. Escola Superior de

Ciências Naturais e Aplicada, Middle East Technical University. Disponível em: < etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610410/index.pdf >. Acesso em: novembro de 2017.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L*a*b***. Disponível em: < <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/> >. Acessado em: 01 de dez. 2017

KOTZE, Lorete M. S. Doença celíaca. **JBG, J. bras. gastroenterol.**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 23-34, jan/mar. 2006.

LAZARIDOU, A., DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., BELC, N., BILIADERIS, C. (2007). **Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations.** Journal of Food Engineering 79: 1033-1047.

LEE, J.; KOO, N.; MIN, D. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v.3, n.1, p. 21-33, 2004.

LOPES, Carla Martins; LOBO, José Manuel Sousa; COSTA, Paulo. Formas farmacêuticas de liberação modificada: polímeros hidrofílicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 2, p. 143-154, 2005.

LUDVIGSSON, Jonas F. et al. The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. **Gut**, v. 62, n. 1, p. 43-52, 2013.

MACIEL, M.R.A. Mercado nacional e mundial para o abacate. In: LEONEL. S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista- Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 17- 23.

MAHMOUD, R. M. et al. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 1, p. 19-25, 2013.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ- AMAYA, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.53 (1/2), p.27-35, 1993.

MALALGODA, Maneka; SIMSEK, Senay. Celiac disease and cereal proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 108-113, 2017.

MASSAFERA, Gisele; DUTRA DE OLIVEIRA, J. E.; BRAGA COSTA, T. M. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP Fatty acids of mesocarp and seed oils of avocados (*Persea americana*, Mill.) from Ribeirão Preto, S. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 2, p. 325-331, 2010.

MATOS, María E.; ROSELL, Cristina M. Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 4, p. 653-661, 2015.

MEDINA, Julio César et al. **Abacate: da cultura ao processamento e comercialização**. Instituto de tecnologia de alimentos (ITAL), 1978.

MILLER, Rebecca Ann; HOSENEY, R. C. The role of xanthan gum in white layer cakes. **Cereal chemistry (USA)**, 1993.

MIR, Shabir Ahmad et al. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 49-57, 2016.

MOHAMMADI, Mehrdad et al. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 1398-1402, 2015.

MONTENEGRO, HWS. Informe sobre a situação abacaticola. **Relatório para a COPEME, São Paulo**, p. 1-9, 1973.

MORRIS, V. J. Science, structure and applications of microbial polysaccharides. **Gums and Stabilizers for the Food Industry**, v. 5, p. 315-328, 1990.

OLIVEIRA, Marcelo Caetano et al. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, 2013.

OZDEMIR, Feramuz; TOPUZ, Ayhan. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. **Food Chemistry**, v. 86, n. 1, p. 79-83, 2004.

PASQUALONE, Antonella et al. Gluten-free bread making trials from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour and sensory evaluation of the final product. **International Journal of food properties**, v. 13, n. 3, p. 562-573, 2010.

PHILIPPI, Sonia T. **Nutrição e técnica dietética**. 2 ed. Barueri: Manole, 2006.

PHILLIPS, G.O., e WILLIAMS, P.A. (2000). **Handbook of Hydrocolloids**. Woodhead Publishing, Cambridge.

PREICHARDT, Leidi D. et al. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 1, 2009.

PREICHARDT, L.D., VENDRUSCOLO, C.T., GULARTE, M.A., MOREIRA, A.S. (2011). **The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients**. *International Journal of Food Science & Technology* 46: 2591-2597.

ROSALES-JUÁREZ M, González-Mendoza B, López-Guel EC, Lozano-Bautista F, Chanona-Pérez J, Gutiérrez-López G, Farrera-Rebollo R, Georgina C-D **Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour**. *Food Bioprocess Technol* 1, p.152–160, 2008.

ROSELL, C. M., ROJAS, J. A., BENEDITO de BARBER, C. (2001). **Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality**. *Food Hydrocolloids* 15: 75-81.

ROSTOM, Alaa; MURRAY, Joseph A.; KAGNOFF, Martin F. American Gastroenterological Association (AGA) Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. **Gastroenterology**, v. 131, n. 6, p. 1981-2002, 2006.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, v. 11, n. 6, p. S163-S173, 2002.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Rev. Inter.**, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2004.

SALGADO, J.M.; BIN, C.; CORNELIO, A.R. Efeito do abacate (Persea Americana Mill) variedade Hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos: versão preliminar. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DOS ALIMENTOS, 6., 2005. Campinas. **Anais**. Campinas, UNICAMP, 2005. 1 CD ROOM.

SALGADO, Jocellem Mastrodi et al. O óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2008.

SANGIOVANNI, John Paul et al. Dietary essential fatty acids, long-chain polyunsaturated fatty acids, and visual resolution acuity in healthy fullterm infants: a systematic review. **Early human development**, v. 57, n. 3, p. 165-188, 2000.

SANTOS, Janyne Ribeiro; BOÊNO, Josianny Alves. Muffins isentos de glúten e lactose desenvolvidos com resíduo de polpa de graviola (Annona muricata). **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 3, n. 3, p. 42-51, 2016.

SCHAFFER, Bruce A.; WOLSTENHOLME, B. Nigel; WHILEY, Antony William (Ed.). **The avocado: botany, production and uses**. CABI, 2013.

SOLER, Nathalia et al. ELABORAÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE SOBREMESAS LÁCTEAS ACHOCOLATADAS COM ABACATE Preparation, chemical composition and sensory test of milky chocolate desserts with avocado. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 1, p. 143-148, 2011.

TANGO, João Shojiro; CARVALHO, Cássia Regina Limonta; SOARES, Nilberto Bernado. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 17-23, 2004.

TUBARI, E., SUMNU, G., SAHIN, S. (2008). **Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend**. *Food Hydrocolloids* 22: 305-312.

TURATTI, Jane M.; GOMES, Renato AR; ATHIÉ, Ivânia. Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências. **Campinas: Ital**, p. 9-14, 2002.

TURNER, J. R. O Trato Gastrointestinal. In: ABBAS, A. K.; FAUSTO, N.; KUMAR, V. **Patologia - Bases Patológicas das Doenças**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 17.

UNICAMP, Organizadores NEPA. TACO–Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. **Editora: Fórmula, Campinas, SP**, 2006.

VISENTAINER, J.V., Franco, M.R.B. (2006). Ácidos graxos em óleos e gorduras: Identificação e quantificação. São Paulo. **Barela**, 11-17; 99-119.

VOLTA, U.; VILLANACCI, V. Celiac disease: diagnostic criteria in progress. **Cellular & molecular immunology**, v. 8, n. 2, p. 96-102, 2011.

WANG, Shunli et al. Molecular mechanisms of HMW glutenin subunits from 1SI genome of *Aegilops longissima* positively affecting wheat breadmaking quality. **PLoS One**, v. 8, n. 4, p. e58947, 2013.

WIESER, Herbert. Chemistry of gluten proteins. **Food microbiology**, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

YEHUDA, Shlomo et al. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiology of aging**, v. 23, n. 5, p. 843-853, 2002.

YOUDIM, Kuresh A.; MARTIN, Antonio; JOSEPH, James A. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 18, n. 4, p. 383-399, 2000.