

DANDARA LIMA BRASIL

**PÃO DE FORMA ADICIONADO DE POLPA DE MANGA UBÁ E SEM ADIÇÃO
DE SACAROSE: ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E REOLÓGICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B823p
2017
Brasil, Dandara Lima, 1991-
Pão de forma adicionado de polpa de manga Ubá e sem
adição de sacarose : análises físicas, químicas e reológicas /
Dandara Lima Brasil. – Viçosa, MG, 2017.
xiv, 53f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Edimar Aparecida Filomeno Fontes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.42-49.

1. Panificação. 2. Pães - Análise. 3. Reologia.
4. Antioxidantes. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de
Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. II. Título.


CDD 22. ed. 664.7523

DANDARA LIMA BRASIL

**PÃO DE FORMA ADICIONADO DE POLPA DE MANGA UBÁ E SEM ADIÇÃO
DE SACAROSE: ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E REOLÓGICAS**

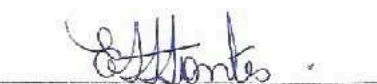
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de agosto de 2017.


Frederico Augusto R. de Barros
(Coorientador)


Mônica Ribeiro Pirozi
(Coorientadora)


Érica Nascif Rufino Vieira


Edimar Aparecida F. Fontes
(Orientadora)

Aos meus pais, Helder e Vanusa

À minha irmã, Odara

Aos meus avós, Valdemar e Hilda (in memoriam)

À minha avó, Vilanir

Aos meus familiares, amigos e professores

Toda minha gratidão, admiração e carinho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter permitido mais uma tão sonhada conquista em minha vida e por ter me dado forças para seguir em frente, longe da minha família e de meus amigos, principalmente nos momentos de grande aflição.

Aos meus pais, Helder e Vanusa, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pela sustentação emocional, pois, embora distantes, estiveram presentes em cada momento dessa caminhada, sempre me incentivando nos momentos mais difíceis. Muito obrigada, sem a ajuda e a dedicação de vocês não teria conseguido. Agradeço principalmente por terem-me ensinado a acreditar que não há caminho a seguir melhor que o do conhecimento. Muito obrigada, sem a ajuda e a dedicação de vocês não teria conseguido, vocês são uma das razões de eu estar aqui no dia de hoje.

À minha irmã, Odara, pela cumplicidade e pelo amor, sempre me motivando com suas colocações criativas e formidáveis, as quais me estimulavam a seguir em frente, a querer ser melhor e fazer o melhor por ela. Irmã, no final, é somente a gente contra o mundo.

Aos meus queridos avós paternos (*in memoriam*), Valdemar e Hilda, por terem acreditado em mim e cuidado de mim. Sei que onde vocês estiverem estão torcendo por mim. Acreditem estou fazendo tudo para se orgulharem de mim.

À minha querida avó materna, Vilanir, pelo seu amor, pelas suas orações e por sempre acreditar que posso fazer mais. Agradeço todas as preces, toda a sua torcida pelo meu sucesso. Saiba que a senhora faz parte dele.

À minha tia, Rosa, por todas as palavras de incentivo e pelas promessas para que eu pudesse atingir minhas metas. Muito obrigada pelo amor, pelo carinho e pela força a mim dedicados.

À minha prima, Maria Augusta (Gugy), por ter me acolhido em sua casa em Belo Horizonte e pelos momentos de descontração proporcionados quando a saudade de casa ficava quase insuportável.

À minha orientadora, Edimar Aparecida F. Fontes, por ter aceitado acompanhar-me nesta jornada acadêmica, por ter partilhado seus ensinamentos e por ter acreditado no meu potencial. Muito obrigada por todos os conhecimentos adquiridos.

À minha coorientadora, Mônica Ribeiro Pirozi, por ter-me ajudado a esclarecer várias dúvidas e por ter dividido comigo suas experiências e seus conhecimentos. Suas intervenções pertinentes ajudaram a este estudo tomar corpo e se concretizar.

Ao meu coorientador, Frederico Augusto R. de Barros, por ter indicado alguns rumos que deveria tomar acerca da minha pesquisa. Suas observações e orientações foram muito importantes para a realização dessa pesquisa.

À professora convidada, Érica Nascif Rufino Vieira, por ter aceitado fazer parte da minha banca, meus sinceros agradecimentos às suas contribuições para esta pesquisa.

À amiga das horas decisivas, Laura, pelo apoio e pela ajuda constantes, mesmo sem nunca termos tido contato antes, você não negou auxílio, embora não tivesse obrigação, você me ajudou pelo simples fato de ser uma pessoa generosa. Muito obrigada por tudo.

Aos amigos queridos da minha terrinha, em especial a Pedro Melo, Thalissa Belo, Rosane Sales, Davi Albuquerque, Alexandre Ribeiro, Maria de Fátima, Rafael Zambelli, Lucicléia Barros, entre outros, por torcerem por cada conquista minha como se fosse deles. Deixo registrado aqui o meu reconhecimento e a minha gratidão por tudo o que fizeram por mim.

Aos amigos que fiz em Viçosa, em especial a Luana Souza, Vinicius Meloni, Thamiris Dutra, Bianca Archette, Lucas Souza Soares, Vinicius de Oliveira, Fernanda Ferreira, Francine Martins, Richard Marins, Vitor Brasileiro, Carmelita Scolforo, Débora Cassimiro, Nayara Benedito, as minhas parceiras de laboratório de Análise de Alimentos (104) e a todos os amigos conquistados aqui, obrigada pelo apoio, pela parceria, pela amizade, pelos momentos de descontração. Vocês serão figuras perenes em minha memória e no meu coração.

Aos amigos amados que já fazem parte da minha família, minha madrinha Fátima, Sandra, Paulo, Osvaldo, Paty, Wagner, Lea, Flávio, Edilson, Jack, Marcus, Elvice, Márcia, Marta, Juninho, Conceição, Damião, Jeimes, Janaína, Leonel, Germana, Juliana, Mércia, entre tantos outros, por terem-me apoiado na minha mudança, por torcerem por mim como se eu fosse parte deles. Nada que eu disser não representará nem o mínimo do meu reconhecimento por tudo o que fizeram por mim.

Aos amigos do Colégio Nossa Senhora das Graças, aos meus ex-professores, às coordenadoras, às supervisoras, à direção da escola, aos funcionários, ao grupo de Língua Portuguesa, aos ex-funcionários, por terem-me ajudado a realizar esse sonho, cada um à sua maneira, no entanto todos com a mesma intensidade. Serei constantemente grata a vocês.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, pelas experiências e pelos conhecimentos compartilhados no decorrer do mestrado.

A todos os que influenciaram direta ou indiretamente na minha formação acadêmica e na execução desta pesquisa, minha eterna gratidão.

“A fé na vitória tem que ser inabalável.”

(Dexter)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Características da Polpa de Manga Ubá.....	4
3.2 Pão.....	6
3.3 Pão sem adição de sacarose.....	9
3.4 Capacidade antioxidante em alimentos processados.....	10
3.5 Medidas reológicas.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Reagentes químicos.....	14
4.2 Equipamentos.....	14
4.3 Obtenção da polpa de manga Ubá.....	15
4.4 Pães de forma.....	15
4.4.1 Delineamento Experimental.....	15
4.4.2 Produção de pães de forma.....	16
4.5 Análises físicas e químicas da polpa de manga Ubá.....	17
4.5.1 Teor de carotenoides totais.....	17
4.5.2 Análise objetiva de cor.....	18
4.6 Análise Reológica das Massas dos Pães.....	18
4.7 Análises físicas e químicas dos pães.....	20
4.7.1 Capacidade antioxidante	20
4.7.1.1 Preparo dos extratos.....	20

4.7.1.2 Ensaio do cátion radical ABTS.....	21
4.7.1.3 Ensaio do cátion radical DPPH.....	21
4.7.4 Volume Total e Específico.....	22
4.7.5 Densidade.....	22
4.7.6 Perda de forneamento.....	22
4.8 Análise Estatística.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 Caracterização da polpa de Manga Ubá.....	24
5.2 Análise reológica das massas dos pães.....	26
5.3 Caracterização dos pães adicionados de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose.....	29
5.3.1 Testes de panificação experimental.....	29
5.3.2 Análise da composição centesimal e do valor calórico.....	32
5.3.3 Análise instrumental da cor e teor de carotenoides.....	35
5.3.4 Determinação da capacidade antioxidante.....	39
CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização física e química da manga Ubá.....	5
Tabela 2 – Formulações de pães de forma desenvolvidas.....	16
Tabela 3 – Resultados das análises físico e químicos e de coordenadas da cor realizadas na polpa de manga Ubá.....	24
Tabela 4 – Valores médios (\pm desvio-padrão) para testes de panificação experimental para as formulações de pães de forma adicionadas de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	30
Tabela 5 – Valores médios (\pm desvio-padrão) para análise da composição centesimal e do valor calórico das formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	33
Tabela 6 – Valores médios (\pm desvio-padrão) para análise instrumental da cor e teor de carotenoides nas formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	36
Tabela 7 – Valores médios (\pm desvio-padrão) para determinação da capacidade antioxidante nas formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Varredura de frequência das formulações de pães de forma adicionados de diferentes percentuais (m/m) de polpa de manga e sem adição de sacarose. (a) 0% de polpa (controle), (b) 30% de polpa, (c) 50% de polpa e (d) 70% de polpa. (○) G', (●) G'' e (▲) Tan (δ).....	27
Figura 2 – Variação das características de panificação nas formulações de pães de forma em função da adição de diferentes concentrações de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	31
Figura 3 – Variação da composição centesimal e valor calórico nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	34
Figura 4 – Variação das coordenadas de cor e teor de carotenoides totais nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	37
Figura 5 – Imagem do miolo dos pães adicionados de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose. (a) pão com 0% de polpa de manga Ubá (controle), (b) pão com 30% de polpa, (c) pão com 50% de polpa e (d) pão com 70% de polpa.....	37
Figura 6 – Variação da capacidade antioxidante determinado pelos ensaios do radical ABTS (a) e DPPH (b) nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.....	39

RESUMO

BRASIL, Dandara Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2017. **Pão de forma adicionado de polpa de manga ubá e sem adição de sacarose: análises físicas, químicas e reológicas.** Orientadora: Edimar Aparecida Filomeno Fontes. Coorientadores: Frederico Augusto Ribeiro de Barros e Mônica Ribeiro Pirozi.

O pão é um alimento que apresenta grande frequência de consumo entre os brasileiros e ganhou um mercado expressivo, devido à sua praticidade de consumo, principalmente. A polpa da manga Ubá se destaca pelo seu alto teor de sólidos solúveis totais, carotenoides e vitamina C. O objetivo deste estudo foi elaborar pães de forma adicionados de polpa de manga da variedade Ubá e sem adição de sacarose. Neste caso, os sólidos solúveis totais, em especial os açúcares presentes na polpa, foram empregados como substrato para as leveduras; os carotenoides foram utilizados para conferir coloração atrativa ao produto; e a vitamina C presente na polpa foi utilizada para fortalecer as massas. Inicialmente, realizou-se uma avaliação das características físicas e químicas da polpa de manga Ubá. Em seguida, foram preparadas as massas adicionadas de 0% (FC); 30% (F1), 50% (F2) e 70% (F3) de polpa de manga Ubá, e avaliou-se a influência da adição dessas diferentes concentrações nas propriedades reológicas das massas e nos testes de panificação experimental e na coloração do miolo dos pães. Adicionalmente, foi realizada a caracterização da composição centesimal, determinação de carotenoides totais e capacidade antioxidante das diferentes formulações testadas de pães de forma. A polpa de manga Ubá apresentou teor de carotenoides de 2,98 mg/100 g de polpa; sólidos solúveis totais de 18,20 °Brix e ainda 73,73 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa. Em relação às análises reológicas, os testes dinâmico-oscilatórios, mostraram que os módulos elástico (G') e viscoso (G'') aumentaram com o aumento de frequência ($1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ até $316,226 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$) e que G' predominou sobre G'' durante toda faixa de frequência varrida, e isso indicou um comportamento sólido das massas. Nos testes de panificação experimental, verificou-se que o volume específico dos pães de forma foi reduzido, de acordo com o aumento da concentração de polpa de manga Ubá, variando de $3,27 \text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ (FC) a $2,23 \text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ (F3). Já a densidade aumentou, de acordo com o incremento de polpa. Os valores foram de $0,31 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (FC) até $0,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (F3). Na determinação da composição centesimal, à medida que se aumentou o teor de polpa, a umidade foi diminuída, variando de 37,21% (FC) para 34,21% (F3). O teor de carboidratos, calculado por diferença,

aumentou de 56,10% para 58,59%, para as formulações controle e 70% de polpa de manga, respectivamente. Pelas coordenadas de cor, os valores obtidos para os valores L* indicaram que, à medida que aumentou a concentração de polpa, houve escurecimento da cor do miolo dos pães. Segundo a avaliação do croma (C*), houve um aumento na intensidade da cor conforme a polpa de manga foi adicionada. Para o ângulo de tonalidade (h*) de 72,27 (FC) a 76,93 (F3), sendo valores próximos a 90°, que se caracterizam por tons amarelos. O teor de carotenoides para as formulações de pães, neste estudo, aumentou de 0,11 mg/100g (FC) para 1,55 mg/100g (F3). Esse aumento também foi observado na capacidade antioxidante pelo radical ABTS de 0,60 μmol de trolox/ g de pão (FC) a 1,17 μmol de trolox/ g de pão (F3). Concluiu-se que as formulações sem adição de sacarose e com adição de polpa de manga Ubá proporcionaram massas mais firmes, densas e elásticas. A incorporação de polpa de manga Ubá nas formulações de pães promoveu uma tendência no aumento da capacidade antioxidante e o teor de carotenoides, que são agentes antioxidantes e corantes naturais, que, pode trazer benefícios à saúde pela presença de compostos bioativos. Constatou-se que a intenção primária de elaborar formulações de pães de forma com adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose mostrou-se bastante apropriada, uma vez que o produto pode trazer benefícios à qualidade de vida da população, estimulando a redução de consumo do açúcar.

ABSTRACT

BRASIL, Dandara Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2017. **White bread with Ubá mango pulp and without sucrose: physical, chemical, and rheological analyzes.** Adviser: Edimar Aparecida Filomeno Fontes. Co-advisers: Frederico Augusto Ribeiro de Barros and Mônica Ribeiro Pirozi.

White bread presents great frequency in the consumption by the Brazilian population, and it has been gained an expressive market due to its practicality, mainly. Ubá mango pulp is notable for its high soluble solids, carotenoids and vitamin C content. The aim of this study was to prepare white bread containing Ubá mango pulp, without sucrose addition. In this case, total soluble solids, for instance sugars present in the pulp, were used as a substrate for the yeasts; carotenoids were used to give an attractive coloration to white bread, and to improve the handling to the doughs; and vitamin C was used to strengthen the doughs. Initially, a physicochemical evaluation of Ubá mango pulp characteristics was carried out. Thereafter, doughs containing 0% (FC); 30% (F1), 50% (F2), and 70% (F3) of Ubá mango pulp were prepared, and the influence of these different concentrations added on was analyzed. Then, doughs rheological properties, and experimental baking tests and bread crumb color of the white bread were studied. Additionally, centesimal composition, total carotenoid content, and antioxidant capacity of white bread formulations were determinate. Ubá mango pulp presented 2.98 mg/100 g carotenoid content; 18.20 °Brix total soluble solids, and 73.73 mg ascorbic acid/100 g. In rheological analyzes, dynamic-oscillatory tests showed that elastic (G') and viscous (G'') modules were increased according to the increased frequency (1 rad·s⁻¹ up to 316,226 rad·s⁻¹), and G' prevailed over G'' in swept frequency range, which indicated a solid doughs behavior. In the experimental baking tests, it was observed that specific volume of white bread was reduced according to Ubá mango pulp concentration added, ranging from 3.27 cm³·g⁻¹ (FC) to 2.23 cm³·g⁻¹ (F3). Density was increased according to pulp increment, and values were 0.31 g·cm⁻³ (FC) to 0.45 g·cm⁻³ (F3). In the centesimal composition, according the pulp content was increased the humidity was decreased, ranging from 37.21% (FC) to 34.21% (F3). The carbohydrate content, calculated by difference, increased from 56.10% to 58.59%, for the control formulations and 70% mango pulp, respectively. Color coordinates were obtained, and L* values indicated that according pulp concentration was increased the bread crumbs was browning. Chroma (C*) values showed an increase in color intensity with mango pulp addition. For the hue angle (h*) from 72.27 (FC) to 76.93 (F3),

values close to 90 °, which are characterized by yellow tones. Carotenoid content for bread formulations increased from 0.11 mg/100g (FC) to 1.55 mg/100g (F3). This increase was also observed in the antioxidant capacity by the ABTS radical, 0.60 µmol trolox/g (FC) to 1.17 µmol trolox/g bread (F3). It was concluded that formulations without sucrose addition, and containing Ubá mango pulp provided firmer, dense and elastic doughs. Ubá mango pulp incorporated in white bread formulations increased the antioxidant capacity, and the carotenoid content, which are antioxidants and natural dyes, and health benefits can be brought by bioactive compounds presence. It was verified that elaborate white bread formulations containing Ubá mango pulp, and without sucrose addition showed appropriate, since the product could bring benefits to the quality of life of the population, and stimulate sugar reduction in food products.

1 INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo e de grande importância econômica. Além do consumo da própria fruta, existem inúmeros produtos industrializados dessa fruta, que é muito apreciada pelos seus aspectos nutricionais e sensoriais.

No estado de Minas Gerais, há grande diversidade de mangueiras, especialmente a variedade Ubá, a qual é muito cultivada na zona da mata e leste do estado. Essa variedade é muito apreciada para a industrialização, principalmente para a produção de sucos, o que é justificado pelo seu sabor e pela sua textura. Essa fruta possui fibras curtas e macias, assim como sua polpa é suculenta e saborosa. Além de ser uma fruta bastante apreciada, quando comparada com as demais variedades de manga, a polpa de manga Ubá tem altos teores de açúcares e de sólidos solúveis totais. De acordo com Benevides et al. (2008), a polpa de manga Ubá apresentou valores de 1,97% a 5,93% de açúcares totais e 14 °Brix a 22 °Brix. Esses açúcares, presentes na polpa, poderiam ser utilizados para substituir a sacarose que é adicionada nas formulações de pães.

A polpa de manga Ubá também constitui uma importante fonte de compostos bioativos tais como carotenoides e vitamina C. Vale ressaltar que o ácido ascórbico, quando adicionado à formulação de pães, fortalece a rede de glúten, aumentando assim a capacidade de retenção de gases, o que resulta no aumento do volume do pão, bem como proporciona melhoria na textura das massas e na estrutura do miolo nos pães. Já os carotenoides, presentes na polpa da manga, são pigmentos naturais responsáveis pelas tonalidades amarelas, que quando adicionados na formulação de pães podem conferir cor mais atraente ao produto e propriedades bioativas.

A possibilidade de introduzir novos ingredientes na fabricação de pães, como fibras, vitaminas, emulsionantes, entre outros, objetiva elaborar produtos com características de melhor qualidade sensorial, nutricional e econômica associada ao processo de fabricação.

De acordo com a legislação vigente, pão é o produto obtido de farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionado de líquido, resultantes do processo de fermentação (ou não) e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem o produto. Esses produtos podem ainda apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005).

O pão é um alimento de alta frequência de consumo entre os brasileiros e ganhou um mercado significativo, principalmente devido à sua praticidade de uso. Dados da ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados) apontam que pães e bolos industrializados geraram R\$ 6,265 bilhões em vendas, e R\$ 2,31 per capita (kg/ano) no ano de 2016, no Brasil. A cada ano, sua produção aumenta com uma ampla variedade de formatos, fórmulas, processos e preços, tornando-se uma boa alternativa para agregar nutrientes não ingeridos normalmente na dieta e/ou substituir ingredientes, visando a reduzir o consumo de sal, gorduras e açúcares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar formulações de pães de forma com diferentes concentrações de polpa de manga da variedade Ubá e sem adição de sacarose.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar características físicas e químicas da polpa de manga Ubá quanto ao seu teor de água, potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), vitamina C, carotenoides totais e cor;
- Avaliar as propriedades reológicas nas massas dos pães adicionados de polpa de manga Ubá, a partir de testes dinâmico-oscilatórios;
- Determinar a influência de três proporções de adição de polpa de manga Ubá em três proporções nos testes de panificação experimental (volume total, volume específico, densidade, perda de forneamento) e na coloração do miolo dos pães;
- Realizar a caracterização centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos), teor de carotenoides e capacidade antioxidante pelos ensaios com radicais ABTS e DPPH dos pães.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características da Polpa de Manga Ubá

A manga (*Mangifera indicans* L.) pertence à família Anacardiaceae e figura entre as frutas tropicais de maior expressão econômica nos mercados brasileiros e internacionais. A composição da manga é constituída de água, carboidratos (amido, fibras, açúcares), ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos (BRANDÃO et al., 2003).

O Brasil é um dos maiores produtores do mundo de manga. A produção brasileira foi de 1.132.463 toneladas, em uma área plantada de 70.317 hectares em 2014 (FAOSTAT, 2016). No Brasil, a manga é cultivada em todas as regiões, principalmente na região Sudeste e Nordeste.

A manga da variedade “Ubá” é bastante conhecida no estado de Minas Gerais. Essa fruta começou a ser cultivada na cidade de Ubá, à qual seu nome é atribuído. A mangueira que dá origem a essa variedade é bem produtiva, rendendo mais de mil frutos por ano. É uma fruta pequena que pode pesar até 150 g, e aproximadamente 13% da sua massa é constituída pela casca, que é amarelada e firme, quando está madura.

A polpa tem fibras curtas, finas e macias (RAMOS et al., 2005). Além disso, após o processamento, a polpa da fruta apresenta cor amarelo-ouro, a viscosidade adequada para o consumo, e boa conservação do sabor característico da fruta. Devido a estas qualidades sensoriais, a manga Ubá tem sido amplamente utilizada pela indústria para a produção de polpa e sucos, bem como o consumo *in natura* pela população (RIBEIRO et al., 2008).

Silva et al. (2009), estudando a caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira, observaram que a variedade Ubá apresentou rendimento de polpa de 61,2%. O rendimento industrial na ordem de 50% é considerado satisfatório para a industrialização de mangas (BENEVIDES et al., 2008). É importante para o aproveitamento industrial o uso de frutos com elevada porcentagem de polpa, pelo fato de que frutos com elevado rendimento podem reduzir os custos de processamento, pela redução de perdas no preparo e pela necessidade de menor quantidade de frutos para produzir um mesmo volume do produto processado, quando comparado com frutos que possuem menor rendimento.

De acordo com Özkan et al., (2004) que estudaram as características físico-químicas de dezessete variedades de manga cultivadas em sistema orgânico, a manga Ubá apresentou o maior valor de ácido ascórbico ($98,25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), seguida da variedade Ataulfo ($96,25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Ribeiro et al. (2008) determinaram a capacidade antioxidante e compostos fenólicos em quatro variedades de manga. Entre elas, a polpa da manga Ubá apresentou os maiores teores desses compostos antioxidantes, apresentando valores de compostos fenólicos de $82,54$ e $57,24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de matéria seca, para amostras das sementes e das cascas, respectivamente.

Na Tabela 1, estão apresentados alguns resultados de estudos realizados para caracterização física e química da manga Ubá.

Tabela 1 – Caracterização física e química da manga Ubá (restirar a numeração na coluna da referência)

Característica	Valor	Referência
pH	$4,21 \pm 0,05$	BENEVIDES et al., 2008
	$4,30 \pm 0,12$	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
	$4,18 \pm 0,50$	RUFINI et al., 2011
Sólidos solúveis totais (°Brix)	$18,00 \pm 0,79$	BENEVIDES et al., 2008
	$19,30 \pm 0,09$	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
	$14,24 \pm 1,75$	RUFINI et al., 2011
Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	$0,53 \pm 0,06$	BENEVIDES et al., 2008
	$0,40 \pm 0,03$	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
	$0,54 \pm 0,30$	RUFINI et al., 2011
Açúcares totais (% em glicose)	$3,54 \pm 1,23$	BENEVIDES et al., 2008
	$10,50 \pm 1,49$	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
Vitamina C ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa)	$100,40 \pm 3,15$	FARAONI, RAMOS,
	$98,25 \pm 1,84$	STRINGHETA, 2009

		GALLI et al., 2011
Carotenoides (mg·100 g ⁻¹ de polpa)	4,40 ± 0,13	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
Umidade (% base úmida)	79,80 ± 0,06	FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009
Coordenada de cor: L*	57,99 ± 0,87 63,45 ± 0,57	BENEVIDES et al., 2008 FARAONI, RAMOS, STRINGHETA, 2009

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

3.2 Pão

O pão é considerado um dos alimentos mais antigos da história da humanidade. Historiadores relatam que os primeiros pães foram produzidos por volta de 10.000 anos a.C., com uma formulação mais rudimentar que a conhecida atualmente, composta por cereais selvagens e água, os quais eram cozidos ao sol (PHILIPPI, 2003). Por volta de 2600 a.C., os egípcios descobriram o processo fermentativo ao misturar água e farinha, deixando-as ao sol até que se formassem bolhas, que eram então assadas entre pedras aquecidas (JACOB, 2003). Conforme Salinas (2002), tem-se a ideia da antiguidade de sua manufatura ao recordar as repetidas vezes em que é citado nos textos bíblicos. Também se percebe sua era remota pelos achados arqueológicos de pães nas tumbas dos reis do Antigo Egito e pelos pedaços de cereais moídos fermentados encontrados em vasilhas de cavernas que abrigaram os homens pré-históricos.

A produção de pães consiste basicamente em homogeneizar, solubilizar e hidratar adequadamente os ingredientes da massa em uma masseira destinada a essa finalidade e posterior forneamento, o qual tem seu tempo e temperatura determinado pelo tipo de forno utilizado e pelo tipo de pão a ser produzido (CARR; TADINI, 2003).

A farinha de trigo é o principal ingrediente da formulação para elaboração de pães. Essa matéria-prima é responsável pelo fornecimento de proteínas que atuam na formação da rede de glúten que, juntamente com água, conferem estrutura elástica, capaz de reter o gás produzido durante a fermentação e nos primeiros estágios do cozimento do pão (BUENO, 2012).

As quantidades das outras matérias-primas são calculadas em relação à farinha de trigo, a qual corresponde a uma base de 100% (MATUDA, 2004).

Segundo Autrani (1989), é recomendado o uso de farinhas de trigo com conteúdo proteico entre 10,5 e 12,0% para a produção do pão e glúten extensível. O glúten é o resultado da união das gliadinas e gluteninas que, ao serem hidratadas e submetidas a trabalho mecânico, formam uma rede viscoelástica, capaz de reter o gás formado durante a fermentação, proporcionando coesividade, extensibilidade e leveza à massa. Quando submetido ao calor, o glúten coagula-se, por intermédio do vapor que expande em seu interior, tornando sua estrutura capaz de reter estes gases, dando aspecto esponjoso ao produto assado (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007).

O fermento biológico utilizado no processo de panificação refere-se a uma levedura selecionada, denominada *Saccharomyces cerevisiae*. A função da levedura é fazer a conversão de açúcares fermentáveis presentes na massa em gás carbônico e etanol. Além de liberar CO₂, que é o gás que criará bolhas de ar na massa, provocando o aumento do seu volume, o fermento também tem influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa (NUNES et al., 2006).

O fermento biológico pode apresentar três formas: fresco, seco ativo e instantâneo. O primeiro consiste de “blocos de levedura” com alto teor de água, em torno de 75%, que devem ser mantidos sob refrigeração, em torno de 10°C, para manter a atividade da levedura por até duas semanas. O segundo tipo é a levedura seca à baixa temperatura, com conteúdo de água de 5-9%, o que permite sua estocagem à temperatura ambiente por longos períodos de tempo, sem perda de atividade (PIRES, 1998). Esse tipo de fermento encontra-se em sua forma latente, necessitando ser revigorado em água morna por 15 a 20 minutos antes do uso. A relação de fermento fresco para desidratado é de dois para um. Já o fermento instantâneo é produzido por cepas especiais de leveduras desidratadas por liofilização e embalado a vácuo, podendo ser adicionado diretamente na farinha (VITTI, 2001).

A água é essencial para a ação da levedura e é responsável pela consistência da massa. Assim, a mesma cria o ambiente úmido apropriado para o desenvolvimento da intensa atividade enzimática e inicia o processo de fermentação (CANELLA-RAWIS, 2012). Tem a função de favorecer a mistura dos ingredientes e permite ainda a formação da rede de glúten,

controlando e distribuindo a temperatura da massa que aquece devido a fatores, como temperatura ambiente e trabalho mecânico (DOS SANTOS, 2006).

A quantidade, qualidade e temperatura da água têm fundamental importância no transcorrer do processamento e influenciam diretamente o produto obtido. A quantidade de água a ser adicionada à receita é delimitada pela capacidade de absorção da farinha, particularidades de processo e características dos pães. Essa quantidade deve ser precisa, uma vez que sua falta ou seu excesso pode influenciar negativamente na qualidade do produto final (RIBEIRO, 2006).

Conforme Gewehr (2010), o sal atua principalmente sobre as características da massa, uma vez que as gliadinas têm menor solubilidade em água salina, resultando na formação de maior quantidade de glúten. Além disso, o uso do sal na panificação resulta em uma estrutura de glúten mais rígido devido à formação de fibras curtas, tornando a massa mais compacta e mais fácil de trabalhar do que aquela obtida sem sal. De maneira geral, suas principais funções na massa e no produto final são: maior resistência e capacidade de retenção de gases, uma vez que controla a fermentação, permitindo assim um melhor desenvolvimento da massa durante este processo; melhora a hidratação da massa; realça o sabor do pão; e prolonga seu tempo de conservação.

As gorduras exercem grande influência nos processos de panificação, principalmente no volume do pão e na manutenção da qualidade após o cozimento. Elas atuam como principal lubrificante da massa, admitindo o deslizamento das camadas de glúten e evitando que a massa se torne quebradiça, o que resulta em um pão macio e palatável por um período de tempo prolongado, além de contribuir para a liberação de um perfil aromático característico (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Este componente também contribui para as características sensoriais dos produtos, como no sabor, na cor, na textura, e auxilia como aerador, permitindo a incorporação de ar nas massas, o que fornece a consistência adequada da massa. Também colabora no aumento da extensibilidade, pelo fato de ajudar na interação com as proteínas presentes na farinha. Auxilia no manuseio, deixando-as menos pegajosas, o que facilita a utilização de equipamentos, como, as misturadoras. Ademais, possibilita melhor retenção do gás carbônico, produzido durante a fermentação devido à lubrificação da cadeia de glúten. Conforme

Guerreiro (2006), durante o cozimento, forma uma película protetora da umidade, sendo o único ingrediente que, ao final do processo de produção, está presente integralmente.

O açúcar é utilizado como substrato para o processo de fermentação e para reações com os aminoácidos para que ocorram reações de Maillard (açúcares redutores) e caramelização, que vão conferir coloração característica aos produtos (CAUVAIN; YOUNG, 2009). É responsável pelo aumento da maciez, proporciona coloração característica para a crosta, retenção de umidade no miolo e sabor. Quando utilizado em excesso, o resultado é um pão esfarelado. Pode ser utilizado em concentrações que variem de 2% a 10% (CANELLA-RAWS, 2012).

3.3 Pão sem adição de sacarose

A busca da população por um produto sem açúcar vem aumentando bastante, tanto por pessoas que possuem algum transtorno relacionado ao açúcar, portadoras de diabetes mellitus ou com excesso de peso, quanto por consumidores que apenas buscam os benefícios trazidos pelos alimentos com menor ou isento de concentração de açúcar (CARDOSO; BOLINI, 2007).

A indústria de produtos dietéticos investe em pesquisas orientadas para a elaboração de novos produtos, devido à elevada procura por produtos desse gênero alimentício. Essas pesquisas são realizadas com o intuito de contribuir para uma melhor qualidade de vida da população, incentivando a diminuição do consumo do açúcar, que é um dos possíveis causadores de efeitos adversos como diabetes, doenças coronarianas, obesidade, entre outras (MENDONÇA et al., 2005).

O excessivo consumo de açúcar pode causar problemas dentários, obesidade, colesterol alto, doenças cardíacas e diabetes tipo 2 (RÖBLE et al., 2011). A sacarose desempenha várias funções como fornecer doçura, controlar a retenção de umidade, influenciar na incorporação de ar e estabilizar a formação das bolhas de ar (NIP, 2014).

A sacarose, na produção de produtos de panificação, desempenha vários papéis, como substrato utilizado pelas leveduras na fermentação, fonte de açúcares redutores para reações de escurecimento, tendo importante papel no sabor final dos produtos. Ainda convém mencionar que a sacarose também contribui para o aumento da maciez e do volume dos pães.

Quando a massa dos pães contém excesso de açúcar, ocorre o aumento da pressão osmótica, e as células de levedura podem desidratar mais rapidamente, diminuindo assim a produção de gás que resulta em um volume mais baixo (HUANG et al., 2008; MEZIANI et al., 2012).

Segundo Meziani et al. (2012), o açúcar aumenta o desenvolvimento da levedura na massa. No entanto, também tem sido relatado que massas com adição de açúcar requerem um tempo de mistura mais longo quando comparado com massas simples para desenvolver a rede de glúten (TLAPALE-VALDIVIA et al., 2010).

A maioria dos edulcorantes não atua nas reações de escurecimento, como na reação de Maillard e a caramelização. Por outro lado, alguns adoçantes que participam destas reações, devido ao seu elevado poder dulçor, são utilizados em quantidades tão pequenas, por isso também não têm papel representativo nessas reações. Portanto, muitas vezes, faz-se necessária a adição de corantes e aromas aos produtos de panificação com substituição de açúcar por adoçantes (NELSON, 2000).

Sturck et al. (2015) analisaram os efeitos da substituição de sacarose por uma combinação de rebaudiosídeo A (RebA) e fibras de trigo, maçã ou ervilha, e a respectiva influência na massa e nas propriedades de muffins. Esses pesquisadores perceberam um aumento da firmeza do miolo com a redução de sacarose, os valores obtidos foram de 5,4 N e 1,6 N, para o muffin com substituição total de sacarose e para o muffin referência. Ainda se verificou que a utilização de fibra de trigo obteve resultados de volume e densidade semelhantes ao do muffin referência.

3.4 Capacidade antioxidante em alimentos processados

Os estudos envolvendo compostos antioxidantes naturalmente presentes em alimentos, mostraram a importância dessas substâncias para a prevenção ou o controle de doenças não transmissíveis, como câncer e arteriosclerose (DWYER et al., 2001). Segundo Trombino et al. (2004), a presença de outros compostos bioativos, a fibra alimentar nos alimentos e, provavelmente, a presença de outros fatores ainda não esclarecidos que potencializariam a ação antioxidante. Com isso, cresce o interesse pela ingestão de alimentos de fonte de antioxidantes naturais.

Vários autores têm associado os efeitos benéficos do consumo regular de frutas, vegetais e grãos à saúde com a presença de substâncias antioxidantes, como os compostos fenólicos, a vitamina C e os carotenoides (KIM et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2006). Também se verificou que as alterações indesejáveis nos alimentos causadas pela oxidação podem afetar as características sensoriais dos produtos ou reduzir o seu valor nutricional. Por estes motivos, os antioxidantes apresentam um importante papel no processamento dos alimentos (KLIMCZAK; PACHOLEK, 2002).

Os resultados do processamento nos alimentos são bastante complexos, já que podem aumentar a biodisponibilidade dos antioxidantes, como no caso de alguns carotenoides nas hortaliças (MAIANI et al., 2008). Devido à exposição ao oxigênio durante a preparação, geralmente, alimentos processados contêm menos antioxidantes do que os alimentos frescos e crus (HENRY; HEPPELL, 2002).

Os carotenoides são agentes antioxidantes e um dos principais corantes naturais, sendo de grande importância alimentícia, pois, quando ingeridos, o organismo humano não sintetiza essa classe de compostos, o que traz benefícios à saúde. Quando os carotenoides são oxidados, devido à instabilidade do pH e aquecimento dos alimentos, ocorre uma alteração na coloração do produto (PIVOTTO, 2011). E ainda, de acordo com Barbosa e Mercadante (2009), como os carotenoides são compostos fotossensíveis, estes podem ser degradados em consequência da exposição dos alimentos à luz durante as etapas de processamento ou pelo uso de embalagens transparentes.

Vergara-Valencia et al. (2007), utilizando concentrado de fibra de manga como ingrediente em produtos de padaria, constataram que produtos com adição do concentrado de fibra de manga da variedade Tommy Atkins obtiveram um conteúdo de fibra dietética total maior do que quando comparado com produtos sem concentrado. Além disso, verificou-se que os produtos mantiveram sua capacidade antioxidante significativa associada ao seu conteúdo de polifenóis, 11,8 e 10,1 mg/g para *cookie* e pão, respectivamente.

Nesse sentido, Serpen, Gokmen e Mogol, (2012), que estudaram os efeitos de diferentes misturas de grãos em produtos da reação de Maillard e na capacidade antioxidante em pães, verificaram que, para os pães com as misturas individuais de grãos (de aveia, centeio, farelo de trigo, milho e soja) com farinha de trigo, obtiveram valores para os ensaios

de ABTS que variaram de 6,8 a 12,9 μmol de Trolox/g de pão, enquanto que, para os ensaios de DPPH, os valores foram entre 3,6 e 5,8 μmol de Trolox/g de pão.

3.5 Medidas reológicas

A reologia pode ser considerada como a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais, devido à força nele aplicada. Quando um objeto é submetido à tensão, ele deforma, e a taxa e o tipo de deformação definem as propriedades reológicas (FELLOWS, 2000). As medidas das propriedades reológicas de alimentos são muito importantes em cálculos de engenharia de processos, controle de qualidade e determinação das propriedades de ingredientes.

A massa de pães é um alimento classificado como viscoelástico, uma vez que estes alimentos tem propriedades viscosas e elásticas simultaneamente. De acordo com Fellows (2000), quando uma tensão de cisalhamento é removida, o material não retorna inteiramente à sua forma original, e há uma deformação permanente.

A textura pode ser considerada como uma manifestação das propriedades reológicas de um alimento e constitui um atributo importante de qualidade, tem influência nos hábitos alimentares, na preferência do consumidor, afeta o processamento e o manuseio dos alimentos (CAMPOS, 1989). A medida precisa, consistente e objetiva da textura tem valor inestimável no campo em que as técnicas de análise de textura são empregadas tanto na monitoração do desenvolvimento do produto, quanto na identificação de problemas de processamento, tais como na falta de uniformidade da textura (SANTOS, 2001).

A avaliação reológica da farinha, na qual são determinadas as propriedades viscoelásticas da massa, é de vital importância para a indústria de panificação. A análise reológica também desempenha importante papel no controle de qualidade e na especificação de ingredientes e aditivos a serem utilizados nos produtos elaborados (GUTKOSKI e NETO, 2002).

Os testes mais utilizados na determinação do comportamento viscoelástico de alimentos são os ensaios no modo oscilatório e os testes transientes. Nos ensaios oscilatórios, os materiais são submetidos à deformação ou tensão, que varia harmonicamente com o tempo. Este procedimento de ensaio é o método dinâmico mais comum para estudar o

comportamento viscoelástico dos alimentos. Os resultados são muito sensíveis à composição química e à estrutura física (STEFFE, 1996).

Testes oscilatórios dinâmicos, aplicados em pequenas tensões oferecem medidas que estejam na faixa viscoelástica linear. Essa região fornece o módulo elástico ou módulo de armazenamento (G') que é a medida da energia armazenada e recuperada por ciclo, e o módulo viscoso ou módulo de perda (G'') que é a medida da energia perdida com aquecimento por ciclo de deformação imposta. Por meio do G' e G'' , pode-se determinar o ângulo de fase ou ângulo de perda mecânica; e pela razão entre G'' e G' , pode-se determinar a tangente do ângulo de fase (δ) (GUNASEKRAN e AL, 2000).

A tangente do ângulo de fase $\tan(\delta) = 0$ corresponde a uma resposta elástica e quando $\delta = 90^\circ$ ou $\tan(\delta) = \infty$ representa uma resposta viscosa. Quando o ângulo de fase está dentro dos limites de $0^\circ < \delta < 90^\circ$, este material é denominado viscoelástico (STEFFE, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Química e Análise de Alimentos e de Panificação e Massas do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa, em Minas Gerais (MG).

A seguir, serão discriminados todos os reagentes químicos e os equipamentos, os quais foram utilizados para a execução desse experimento.

4.1 Reagentes químicos

- ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) – Sigma, código A1888 ou equivalente.
- Acetona P.A – Synth.
- Ácido Clorídrico 36,5 - 38% P. A – Vetec.
- Álcool Etilico – Etanol P. A – Synth.
- Álcool Metílico – Metanol P. A – Synth.
- Ácido Sulfúrico 95 - 98% P. A – Synth.
- DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) – Sigma, código 095K1452, ou equivalente.
- Éter de petróleo P. A. – Synth.
- Hidróxido de sódio lentilhas P. A. – Synth.
- Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) – Sigma, código 218940050, ou equivalente.

4.2 Equipamentos

- Banho maria agitador - Dubnoff, 304/Tpa
- Centrífuga - Beckman, J2-MC Centrifuge

- Colorímetro Digital Konica Minolta
- Despolpadeira (Bonina 0.25 df)
- Discovery Hybrid Rheometer 1, TA Instruments
- Espectrofotômetro UV BEL Photonics M51
- Evaporador rotatório - Laborota 4000

4.3 Obtenção da polpa de manga Ubá

Foram adquiridos 40 kg de manga (*Mangifera indica* L. variedade Ubá) no comércio local na cidade de Viçosa, em Minas Gerais, oriundo da safra de 2015/2016.

Na seleção inicial, foram observadas uniformidade e aparência dos frutos. Esta etapa tem a finalidade de retirar os frutos com defeitos, os quais poderiam comprometer a qualidade do produto final. Em seguida, os frutos foram lavados com água corrente e imersos em água clorada ($100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro residual livre), por dois minutos, com o objetivo de reduzir a carga microbiana. Depois foram lavados novamente com água potável para retirada dos resíduos da água clorada da etapa de sanitização. Na sequência, os frutos foram colocados num banho de água quente ($90 \text{ }^\circ\text{C}$ por 5 minutos), a fim de facilitar o descascamento manual da fruta.

As mangas descascadas foram inseridas na despolpadeira (Bonina 0.25 df), ficando os caroços retidos na peneira da despolpadora e a polpa recolhida em bandejas plásticas previamente higienizadas com álcool 70%. Por fim, a polpa da manga foi envasada em sacos de polietileno com capacidade para 500 mL, identificada e armazenada durante o período do experimento em freezer ($-18 \text{ }^\circ\text{C}$).

4.4 Pães de forma

4.4.1 Delineamento Experimental

O experimento foi montado no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com quatro formulações (FC, F1, F2, F3) de pães de forma, em três repetições experimentais, assim denominadas:

FC: Formulação Controle - sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F1: Formulação com 30% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F2: Formulação com 50% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F3: Formulação com 70% de polpa de manga e sem adição de sacarose.

Onde a quantidade de polpa de manga Ubá das formulações F1, F2 e F3 foi calculada em relação a 100% do total de farinha de trigo (Baker's, %).

4.4.2 Produção de pães de forma

Na Tabela 2, estão dispostos os ingredientes utilizados e suas proporções para a elaboração de formulações de pães de forma, adicionados de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose.

Tabela 2 – Formulações de pães de forma adicionadas de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose.

Ingredientes* (%)	FC	F1	F2	F3
Farinha de Trigo ⁽¹⁾	100%	100%	100%	100%
Polpa de Manga Ubá	-	30%	50%	70%
Água	60%	36%	20%	4%
Margarina ⁽²⁾	6%	6%	6%	6%
Fermento Biológico Seco ⁽³⁾	3%	3%	3%	3%
Sal de cozinha ⁽⁴⁾	2%	2%	2%	2%

* Ingredientes em relação a 100% do total de farinha de trigo (Baker's, %). ⁽¹⁾ Farinha de trigo especial Vilma – Vilma Alimentos; ⁽²⁾ Margarina Qualy Cremosa – Qualy; ⁽³⁾ Fermento Biológico Seco Instantâneo Fermix – Dona Benta; ⁽⁴⁾ Sal refinado e iodado Marfim – Refimosal.

Os valores de polpa de manga a serem adicionados nas formulações F1, F2 e F3 foram obtidos após testes preliminares, em que foi examinada a adição parcial deste ingrediente. As formulações adicionadas de 30%, 50% e 70% obtiveram os melhores resultados com relação às características físicas dos pães que foram avaliados, tais como o volume total, o volume específico e a perda de forneamento.

Para o processamento de obtenção dos pães de forma, os ingredientes foram pesados em balança semianalítica. O processo de mistura foi realizado pelo método direto em batedeira Arno, durante 1 minuto, em baixa velocidade, para a homogeneização dos ingredientes secos. Em seguida, foi adicionada a polpa de manga e misturada por 6 minutos em velocidade média. Por último, foi adicionada a margarina, e a massa foi misturada por mais 5 minutos até o seu completo desenvolvimento. Em seguida, as massas foram boleadas e deixadas descansar por 20 minutos. Posteriormente, foram divididas em porções de aproximadamente 150 g, moldadas na forma cilíndrica e colocadas em formas previamente untadas e identificadas. Então foram submetidas à etapa de fermentação, em uma câmara regulada a uma temperatura de $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 minutos. Ao final da fermentação, as massas foram assadas em forno elétrico, durante 20 minutos, à temperatura de $190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por fim, os pães foram resfriados em temperatura ambiente.

4.5 Análises físicas e químicas da polpa de manga Ubá

Para caracterizar a polpa de manga, foram realizadas análises químicas com relação à quantificação do teor de água (método 920.151, AOAC 1997), do pH (método 981.12, AOAC 1997), da acidez total titulável (ATT) (método 942.15, AOAC 1997), dos sólidos solúveis totais (SST) (método 932.12, AOAC 1997), da vitamina C (método 43.065, AOAC 1984), dos carotenoides totais conforme metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001) e a medida da cor da polpa de manga foi obtida pelas coordenadas de cor L a b, do sistema CIELAB.

4.5.1 Teor de carotenoides totais

O teor de carotenoides totais foi determinado por análise espectrofotométrica, conforme metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001), com modificações. Em 1 g de amostra, foram adicionados 10 mL de acetona para a extração dos carotenoides. Posteriormente, foi realizada a filtração, e o resíduo obtido foi lavado novamente com acetona por mais duas vezes, adicionando 35 mL de acetona em cada filtração, até se obter um resíduo desprovido de pigmentação. O extrato de acetona, contendo os carotenoides, foi transferido para um funil de separação, contendo aproximadamente 30 mL de éter de petróleo, e lavados por mais cinco vezes com 20 mL de água destilada em cada lavagem. Em seguida, a solução

de carotenoides foi filtrada em papel filtro, contendo sulfato de sódio anidro para remoção da água. O filtrado obtido foi concentrado em evaporador rotatório (Laborota 4000) a 35 °C por 10 minutos. Os carotenoides foram redissolvidos em éter de petróleo e o volume completado para 5 mL em balão volumétrico.

A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV BEL Photonics M51 no comprimento de onda de 450 nm e o teor de carotenoides totais (CT), expresso em µg/g de amostra, determinado de acordo com a Equação (1):

$$CT = 1000 \cdot \frac{A \cdot V}{A_{1cm}^{1\%} \cdot m} \quad (1)$$

Nessa Equação, A é absorbância da solução no comprimento de onda de 450 nm; V é volume final da solução (5 mL); $A_{1cm}^{1\%}$ é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absortividade molar do β -caroteno em éter de petróleo (2592); e m massa de amostra, em g.

4.5.2 Análise objetiva de cor

A análise de cor foi realizada, utilizando Colorímetro Digital Konica Minolta, modelo CR-10. No espaço colorimétrico CIELab, a coordenada L^* corresponde à luminosidade numa escala de 0 a 100, variando desde o preto (0) ao branco (100); enquanto a^* e b^* referem-se às coordenadas de cromaticidade verde (-) / vermelho (+) e azul (-) / amarelo (+), respectivamente. O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h^*) indica a cor propriamente dita e é definido como iniciando no eixo ($+a^*$) vermelho, 90° é ($+b^*$) amarelo, 180° é ($-a^*$) verde, e 270° é ($-b^*$) azul (HUNTERLAB, 1996), daí C^* e h^* são calculadas conforme as Equações 2 e 3:

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

4.6 Análise Reológica das Massas dos Pães

Testes dinâmico-oscilatórios foram realizadas em reômetro oscilatório (Discovery Hybrid Rheometer 1, TA Instruments, Estados Unidos da América), a fim de caracterizar as

propriedades viscoelásticas das massas de pães. Assim, amostras com 2 g moldadas na forma cilíndrica foram acondicionadas na geometria de placas paralelas do reômetro (diâmetro de 25 mm; *gap* de 10 mm; temperatura de $25,0 \pm 0,2$ °C). A placa superior da geometria oscila durante a realização dos testes, sendo que a deformação da amostra (γ) é depende do tempo (Equação 4) e a tensão (τ), correspondente a cada valor de deformação, pode ser obtida (Equação 5).

$$\gamma = \gamma_0 \text{ sen}(\omega \times t) \quad (4)$$

$$\tau = \tau_0 \text{ sen}(\omega t + \delta) \quad (5)$$

Em que, γ_0 é a amplitude da deformação da amostra (%), ω é a frequência da oscilação da placa ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$), τ_0 é a amplitude da tensão e δ é o ângulo de defasagem.

Em seguida, são calculados os módulos de armazenamento (G') e o módulo de perda (G'') do material (Equações 6 e 7).

$$G' = \left(\frac{\tau}{\gamma} \right) \cos \delta \quad (6)$$

$$G'' = \left(\frac{\tau}{\gamma} \right) \text{sen} \delta \quad (7)$$

Em que, G' está relacionado à magnitude da energia armazenada no material que é utilizada para sua recuperação; e G'' está relacionado à energia dissipada na forma de calor, em cada ciclo de deformação.

A partir da relação entre G'' e G' , uma terceira grandeza pode ser obtida (Equação 8).

$$\tan(\delta) = \frac{G''}{G'} \quad (8)$$

Em que, $\tan(\delta)$ expressa a relação da energia dissipada e armazenada no material em um ciclo de deformação.

Inicialmente, realizou-se uma varredura de deformação (0,0125 - 100%), utilizando um valor fixo de frequência ($10 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$), com a intenção de determinar a chamada

“região viscoelástica linear” do material, ou seja, o intervalo em que as magnitudes do módulo de armazenamento (G') e do módulo de perda (G'') apresentam valores constantes. Nesse intervalo de valores de deformação (%), a resposta de deformação do material atende somente a dinâmica molecular envolvida na sua constituição, ao invés de mudanças sujeitas ao esforço mecânico externo que é aplicado infinitesimalmente ou muito próximo do equilíbrio (RAO, 2014). A partir do valor de deformação (0,125%), contido na região viscoelástica linear do material, determinado anteriormente, realizou-se uma varredura de frequência, na qual os módulos de armazenamento (G') e de perda (G'') foram medidos em função da variação da frequência (1,0 - 316,0 rad·s⁻¹).

4.7 Análises físicas e químicas dos pães

Os pães de forma foram triturados em liquidificador (Arno faciliq), então foi feita a determinação da composição centesimal dos pães de forma foi realizada por meio das análises de umidade (método 925-10, AOAC 1996), das cinzas (método 923-03, AOAC 1996), da proteína (método 960-52, AOAC 1996) e dos lipídeos (método 920-85, AOAC 1996). Já o teor de carboidratos foi calculado por diferença da composição centesimal [100 - (umidade + lipídios + proteína bruta + cinzas)].

O cálculo do valor calórico total foi realizado, multiplicando as porcentagens de lipídios, proteínas e carboidratos determinados em cada formulação de pão pelos seus valores calóricos respectivos: 9, 4 e 4 kcal – fatores de conversão de Atwater.

As análises de determinação do teor de carotenoides e a análise objetiva de cor também foram realizadas nas formulações dos pães de forma, seguindo a metodologia citada em 4.5.1 e 4.5.2.

4.7.1 Capacidade antioxidante

4.7.1.1 Preparo dos extratos

O preparo do extrato em amostras de pães, foi seguida a metodologia de Moore et al (2016), com modificações. Os pães foram triturados com auxílio de um liquidificador (Arno faciliq). Foi pesado 2 g de pão triturado e adicionado 16 mL de metanol, contendo 1% de HCl, e a mistura foi agitada em banho-maria agitador (Dubnoff, 304/Tpa) a 60 rpm durante

24 horas a 24 °C. O extrato foi centrifugado em centrífuga (Beckman, J2-MC Centrifuge) a 4.000 x g durante 15 minutos. Posteriormente, o sobrenadante foi coletado e mantido sob refrigeração a 4 °C, em frasco âmbar.

4.7.1.2 Ensaio do cátion radical ABTS

A capacidade antioxidante foi determinada pelo ensaio do cátion radical ABTS e foi realizada segundo metodologia descrita por Re et al. (1999), com modificações. Em um recipiente âmbar, uma solução de ABTS 7 mmol·L⁻¹ e persulfato de potássio 2,45 mmol·L⁻¹ na proporção 1:1 (v·v⁻¹) foi misturada e mantida ao abrigo da luz durante 12 a 16 horas para a geração do cátion cromóforo ABTS^{•+}. Após esse período, o radical foi diluído em etanol 80% até que a leitura da absorbância ficasse igual a 0,700 ± 0,005, no comprimento de onda 734 nm, em espectrofotômetro UV BEL Photonics M51.

Em tubos de ensaio, foram adicionados 0,250 mL de diferentes diluições da amostra e 1,75 mL de solução ABTS^{•+} e seguiu-se homogeneização em agitador de tubos. A absorbância foi então lida após 6 minutos de reação, no comprimento de onda de 734 nm.

A atividade antioxidante total foi expressa pelo valor TEAC (capacidade antioxidante equivalente ao Trolox, em μmol·g⁻¹). O valor TEAC foi calculado com base na curva analítica de Trolox, preparada com soluções do padrão de concentrações que variaram entre 0,010 e 0,120 mmol·L⁻¹, seguindo o mesmo procedimento analítico anterior.

4.7.1.3 Ensaio do cátion radical DPPH

A capacidade antioxidante determinada pelo ensaio do cátion radical DPPH foi realizada segundo metodologia descrita por Brand-Williams et al. (1995), com modificações. Foi preparada uma solução estoque metanólica de DPPH com concentração de 0,1 mmol·L⁻¹, que, para ser utilizada, foi previamente diluída em metanol até que a absorbância atingisse 0,750 ± 0,005, o que corresponde a uma concentração de 0,6 mmol·L⁻¹ de reagente DPPH nesta solução.

Em ambiente escuro, foram transferidas alíquotas de 0,1 mL de diferentes diluições da amostra para tubos de ensaio, ao qual foram adicionados 2,9 mL da solução metanólica do radical DPPH e homogeneizado em agitador de tubos. Após homogeneização,

os tubos foram deixados em repouso ao abrigo da luz durante 25 minutos. Depois deste período, foi feita a leitura da absorbância a 515 nm, em espectrofotômetro UV BEL Photonics M51, previamente zerado com metanol.

Para a quantificação da capacidade antioxidante, foi realizada previamente uma curva analítica de diferentes diluições metanólicas da solução padrão Tolox, com concentrações que variaram entre 0,047 a 0,93 mmol L⁻¹, seguindo o mesmo procedimento analítico anterior.

4.7.4 Volume Total e Específico

A massa dos pães (m) foi determinada em balança analítica e expressa em gramas. Segundo método nº 10-05 da AACC (2001), o volume (V) dos pães foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, e o volume específico (VE) foi obtido pela divisão do volume do pão (cm³) pela sua massa (g) (Equação 9):

$$VE = \frac{V}{m} \quad (9)$$

4.7.5 Densidade

A densidade foi calculada pela divisão do peso do pão assado (g) pelo volume deslocado (mL).

$$D = \frac{Pa}{V} \quad (10)$$

4.7.6 Perda de forneamento

O percentual de perda de forneamento (Pf) foi calculado em relação ao peso da massa crua (mc) e da massa assada (ma).

$$Pf = \frac{(m_c - m_a) \cdot 100}{m_c} \quad (11)$$

4.8 Análise Estatística

Os dados obtidos foram interpretados por análise de variância (ANOVA), utilizando teste de Fisher, ao nível de 5% de probabilidade. Para comparação das médias dos tratamentos (F1, F2 e F3) com a FC (formulação controle), foi aplicado teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade. Ainda foram executadas análise de regressão e teste da falta de ajustamento em função da adição percentual de polpa de manga nas formulações de pães de forma nas variáveis estudadas. Todas as análises foram realizadas por meio do programa Statistical Analysis System (SAS, 1996) versão 9.4, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da polpa de Manga Ubá

Os resultados das análises físicas e químicas realizadas na polpa de manga Ubá encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização física e química da polpa de manga Ubá.

Característica	Valores médios (desvio-padrão)
Umidade (%)	80,60 (0,13)
pH	4,71 (0,01)
Sólidos solúveis totais (° Brix)	18,20 (0,00)
Acidez (% de ácido cítrico/100 g de polpa)	1,03 (0,04)
Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 g de polpa)	73,73 (0,20)
Carotenoides (mg/100 g de polpa)	2,98 (0,02)
Coordenada de cor: L*	47,47 (0,42)
Coordenada de cor: C*	40,30 (0,63)
Coordenada de cor: h*	60,23 (0,42)

Quanto ao teor de água a polpa apresentou um valor médio de 80,60%. Essa característica contribuiu para a fixação de quantidade de água que foi adicionada nas formulações, pois a água pode ser utilizada numa formulação de pão em concentrações que variam de 50 a 60% (CAUVAIN; YOUNG, 2009). Resultados próximos do apresentado foram encontrados por Faraoni, Ramos, Stringheta (2009) e Moreira et al. (2016) que encontraram valores de 79,8% e 75,05%, respectivamente.

O valor de pH encontrado na polpa de manga Ubá foi de 4,71, sendo este valor pouco superior ao encontrado por Moreira et al. (2016) que identificaram um valor de pH médio de 4,2. Outros autores também relataram valores próximos como Benevides et al. (2008) e Fontes (2002) que acharam valores de 4,21 e 4,31, respectivamente. Este é importante, uma vez que Adams e Moss (1997) afirmam que as leveduras crescem com maior rapidez nos valores de pH entre 4,5 e 6,0.

No que se refere aos sólidos solúveis totais, o valor encontrado foi de 18,20 °Brix. Segundo Moreira et al. (2016), o teor de sólidos solúveis em polpas de frutas é responsável pelo poder edulcorante das polpas, sendo formados principalmente de açúcares redutores e não redutores na forma livre ou combinada. Resultados semelhantes foram identificados por Pacheco et al. (2015) e Benevides et al. (2008) que obtiveram os valores de 16,32 °Brix e 18,0 °Brix, respectivamente. Tal informação torna-se bastante relevante, já que nenhuma outra fonte de açúcares foi adicionada nas formulações. Assim, o aumento da concentração de polpa de manga Ubá nas formulações dos pães proporciona, conseqüentemente, um aumento da concentração de açúcares que serão utilizados pelas leveduras como substrato para fermentação.

Quanto ao resultado de acidez foi encontrado um valor de 1,03 (% de ácido cítrico/100 g de polpa). Pacheco et al. (2015) encontraram valores que variaram entre 0,42% e 1,03%, em amostras de polpas de oito produtores de manga Ubá da região da zona da Mata mineira. Resultados próximos também foram encontrados por Rufini et al. (2011) que identificaram valores de 0,26% a 1,8% quando avaliaram polpas de manga Ubá de 64 acessos da Zona da Mata. Segundo alguns autores, como Freitas (2016), Faraoni, Ramos, Stringheta (2009) e Silva et al. (2009), variações entre os valores de acidez podem ocorrer devido às diferenças de cultivo e região da produção.

O teor de vitamina C determinado na polpa foi de 73,73 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa. Silva et al. (2009) também encontraram um valor de vitamina C (73,67 mg ácido ascórbico/100 g de polpa) próximos nesse estudo. Mas valores inferiores foram encontrados por Oliveira et al. (2013) que variaram de 18,57 a 59,44 mg quando avaliaram polpas de manga Ubá de diferentes propriedades. De acordo com Faraoni, Ramos, Stringheta (2009) e Silva et al. (2009), divergências nos teores de vitamina C podem ocorrer por fatores extrínsecos, por exemplo, o manejo de cultivo, o clima e o solo. No entanto, mesmo que alguns trabalhos apresentem diferenças nos teores de vitamina C, esses autores afirmam que a manga Ubá destaca-se em maiores teores de vitamina C quando comparada a outras variedades da fruta, tais como manga-carlotinha (64,6 mg), manga-espada (36,3 mg), manga-rosa madura (43 mg). É imprescindível salientar que o ácido ascórbico fortalece e confere maior elasticidade às massas.

O valor médio de carotenoides totais encontrado na polpa foi de 2,98 mg/100 g de polpa. Valores ligeiramente inferiores foram encontrados por Oliveira et al. (2013) e Oliveira

(2010) de 2,12 mg e 2,41 mg, respectivamente, quando avaliaram o teor de carotenoides em polpas de manga Ubá. Prasad et al. (2015) também encontraram um valor aproximado de 2,33 mg para outra variedade da fruta, considerando que as mangas Ubá e Tommy são as que geralmente apresentam maiores teores de carotenoides. Os carotenoides por serem corantes naturais são adotados com o objetivo de intensificar a cor do produto processado, melhorando assim sua aparência, devido à alteração na coloração do miolo e da crosta dos pães.

Os atributos de cor luminosidade (L^*), saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h^*) apresentaram valores de 47,47; 40,30 e 60,23, respectivamente. Neves et al. (2016), ao estudar a qualidade de manga Ubá na colheita e no processamento, encontraram valores semelhantes de L^* (55,24). Estes atributos são importantes para a aceitação do produto pelo consumidor, pelo fato da apresentação visual ser o primeiro contato do consumidor com o produto, onde se destacam a cor e a aparência.

5.2 Análise reológica das massas dos pães

As varreduras de frequência das massas de pães com e sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose foram apresentadas na Figura 1.

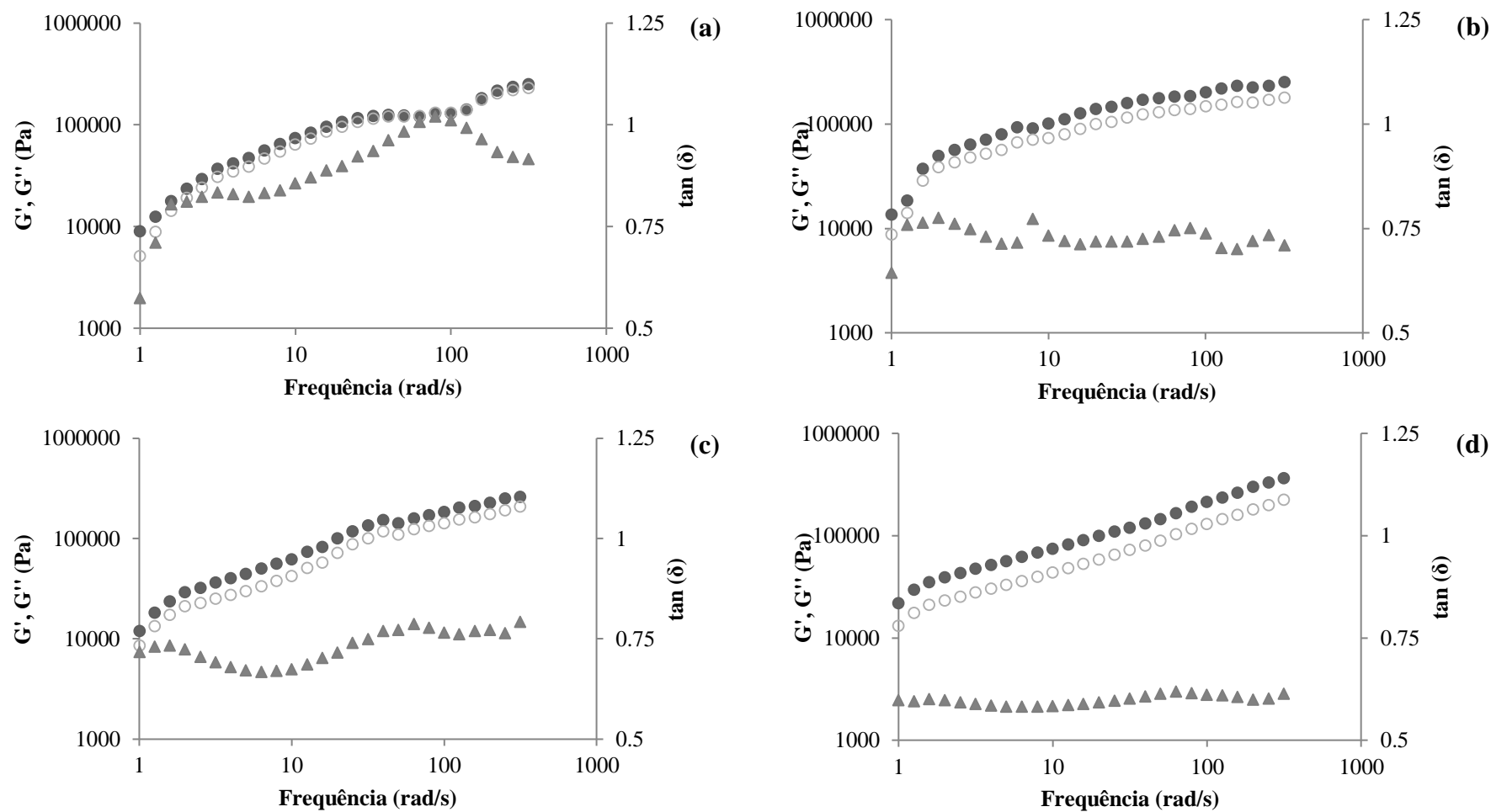


Figura 1 – Varredura de frequência das formulações de pães de forma adicionados de diferentes percentuais (m/m) de polpa de manga e sem adição de sacarose. (a) 0% de polpa (controle), (b) 30% de polpa, (c) 50% de polpa e (d) 70% de polpa. (\circ) G' , (\bullet) G'' e (\blacktriangle) $\tan(\delta)$.

Na Figura 1, observa-se que os testes para todas as formulações, os módulos elástico (G') e viscoso (G'') aumentaram (G' de 8981 até 252907 Pa e G'' 5160 de 2317794 Pa na formulação controle 0% (m/m) de polpa de manga; G' de 13691 até 253217 Pa e G'' 8813 de 169654 Pa na formulação contendo 30% (m/m) de polpa de manga; G' de 12014 até 263445 Pa e G'' 8623 de 208854 Pa na formulação contendo 50% (m/m) de polpa de manga; e G' de 21822 até 365264 Pa e G'' 13047 de 224093 Pa na formulação contendo 70% (m/m) de polpa de manga) com o aumento de frequência (1 até 316 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$). Baseando-se no comportamento de G' e G'' , ao longo do intervalo de frequência, todos os materiais analisados podem ser considerados como “géis verdadeiros” ou “géis fracos” (RAO, 2014). Tal comportamento é caracterizado principalmente por dois fatores: i) valores de G' e G'' , variando em função da frequência; e ii) pouca diferença na magnitude dos valores de G' e G'' .

O caráter elástico das massas predomina em toda a faixa de frequência analisada, ou seja, $G' > G''$ em toda a faixa de frequência varrida. Além disso, observa-se que o valor de G' aumenta conforme o percentual de polpa de manga adicionado é aumentado, o que indica um aumento do comportamento sólido nas massas e, conseqüentemente, resulta em pães mais firmes. Tal resultado pode ser justificado, pois, com o aumento das concentrações de polpa de manga Ubá, as massas tornaram-se menos aeradas e mais densas. Assim, houve um aumento acentuado de G' , em relação a G'' , ao longo da faixa de frequência analisada. Ressalta-se que G' está relacionado à magnitude da energia armazenada no material, que é utilizada para sua recuperação em cada ciclo de deformação, enquanto G'' está relacionado à energia dissipada na forma de calor em cada ciclo de deformação, em que o material apresenta uma resistência viscosa e faz com que a resposta de deformação esteja defasada da tensão a que foi submetida (STEFFE, 1996). Nesse sentido, os resultados mostraram que a adição de polpa de manga nas formulações contribuiu para o aumento da resistência à deformação, ou seja, as massas, contendo polpa de manga, tornaram-se mais elásticas e menos susceptíveis à deformação (angular). Além disso, essa redução na deformação foi dependente da concentração de polpa de manga adicionada. Contudo, o aumento crescente de G'' mostra o aumento da resistência viscosa em todas as formulações ao longo da faixa de frequência varrida, sendo que esse aumento torna-se menos intenso à medida que a concentração de polpa de manga é, também, aumentada.

O mesmo comportamento foi observado por Mariotti e Alamprese (2012), em um estudo sobre a influência do uso de diferentes edulcorantes nas propriedades reológicas das massas de pães, que concluiu que as formulações sem a adição de sacarose propiciaram a formação de massas mais sólidas e elásticas, enquanto a presença de sacarose nas massas contribuiu para uma textura mais viscosa. Além disso, Peng et al. (2017) avaliaram os efeitos da trealose sobre as propriedades mecânicas, térmicas e reológicas das massas de pães, e concluíram que a adição de trealose na massa teve um efeito prejudicial em sua estrutura e rede de glúten. Esse efeito foi evidente com um aumento do nível de trealose, de 1% a 5% (m/m). A partir dos resultados apresentados nesses dois trabalhos, observa-se que a adição de açúcar comercial pode contribuir para a formação de massas menos sólidas e elásticas. Diferente do observado no presente estudo, onde a sacarose não foi adicionada em nenhuma formulação, porém a polpa de manga adicionada (30%, 50% e 70% m/m) possui, em sua composição, açúcares, fibras e outros componentes que podem ter contribuído para a formação de massas mais sólidas e elásticas.

Observa-se, ainda, na Figura 1 que $\tan(\delta)$ aumentou de forma constante na formulação-controle (0% m/m de polpa de manga), com o aumento da frequência. Enquanto isso, nas formulações contendo 30% (m/m), 50% (m/m) e 70% (m/m) de polpa de manga Ubá, $\tan(\delta)$ passou a ter valores mais constantes. Tal observação indica, novamente, que a estrutura da massa tornou-se mais firme e mais sólida. Possivelmente, nas formulações em que houve a adição de polpa de manga Ubá, o gás produzido durante a fermentação das massas não foi suficiente para gerar a expansão da mesma, devido à formação de uma massa mais elástica e firme.

5.3 Caracterização dos pães adicionados de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose

5.3.1 Testes de panificação experimental

Os resultados dos testes de panificação experimental realizados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios (desvio-padrão) para testes de panificação experimental para as formulações de pães de forma adicionadas de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose

Formulação	Volume total (cm ³)	Volume específico (cm ³ ·g ⁻¹)	Densidade (g·cm ⁻³)	Perda de fornecimento (%)
FC	453,3 (16,07)	3,27 (0,17)	0,31 (0,02)	7,74 (1,87)
F1	365,0** (5,00)	2,62** (0,04)	0,38** (0,01)	7,29 ^{n.s} (0,35)
F2	358,3** (12,6)	2,50** (0,09)	0,40** (0,01)	4,68** (0,47)
F3	321,7** (2,89)	2,23** (0,02)	0,45** (0,01)	4,32** (0,39)
d.m.s.	24,94	0,228	0,026	2,633

FC: Formulação Controle - sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F1: Formulação com 30% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F2: Formulação com 50% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F3: Formulação com 70% de polpa de manga e sem adição de sacarose.

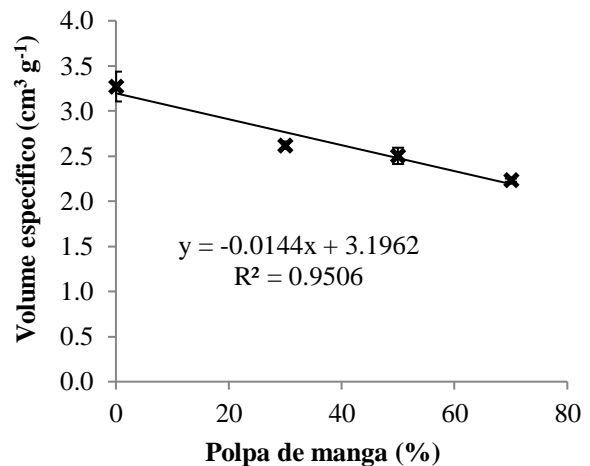
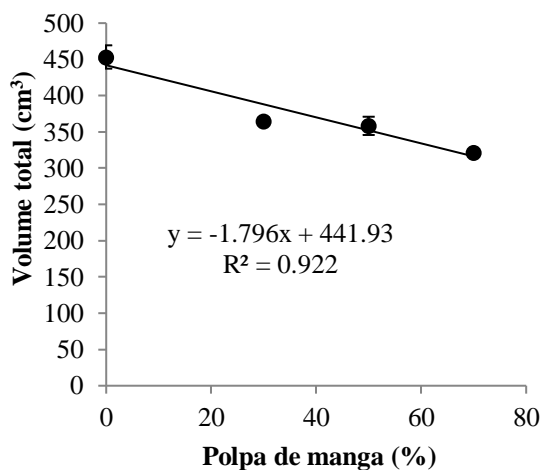
** Diferença entre FC pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{n.s} Diferença não significativa entre o controle (0% de polpa de manga) pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

d.m.s.: diferença mínima significativa.

Na Tabela 4, observa-se que houve diferença entre as formulações com a formulação controle ($p < 0,05$), para o volume total, volume específico e densidade. Quanto à perda de fornecimento, a F1 não diferiu do controle ($p > 0,05$), enquanto as demais formulações (F2 e F3) diferiram da FC ($p < 0,05$).

Na Figura 2, está representada a variação das características avaliadas nos testes de panificação experimental com aumento da adição de polpa de manga em pães de forma sem sacarose.



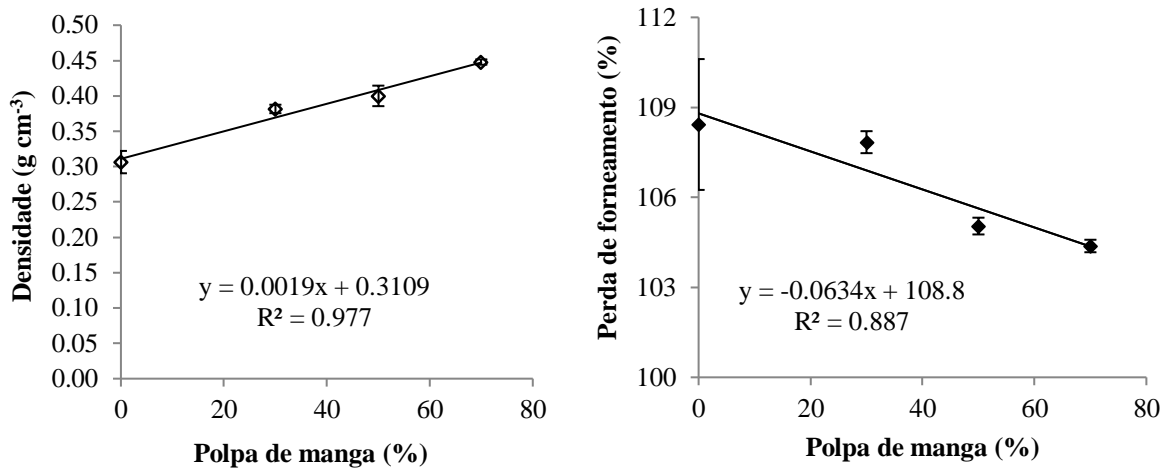


Figura 2 – Variação das características de panificação nas formulações de pães de forma em função da adição de diferentes concentrações de polpa de manga e sem adição de sacarose.

Na Figura 2, observa-se que o aumento do percentual (m/m) de polpa de manga Ubá adicionado, porém redução no volume total e específico dos pães ($p < 0,05$). Possivelmente, a adição de polpa de manga Ubá pode ter prejudicado a formação da rede de glúten que, conseqüentemente, prejudicou a retenção de gás produzido durante a fermentação das massas. Tal observação corrobora os resultados observados nas varreduras de frequência. Resultados semelhantes foram obtidos por Zambelli et al. (2014) que observaram valores de volume específico de $2,83 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ em pães, contendo 30 g de açaí em pó. Valores de volume específico inferiores a $2,00 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ foram encontrados por Amaya et al. (2013) em um estudo, utilizando suco de manga em substituição à água presente na formulação dos pães.

De acordo com Capriles (2011), o volume específico é uma importante propriedade física dos pães, uma vez que exerce forte influência na preferência do consumidor. Segundo Oliveira et al. (2007), no caso de pães, a adição de fibras na formulação pode promover redução do volume, devido ao aumento da absorção de água e menor tolerância à fermentação. As fibras, por sua conformação estrutural alongada, podem ser negativas em relação ao aprisionamento pela massa dos gases obtidos durante a fermentação, responsáveis pelo aumento do volume do pão. No presente estudo, não foi feita uma análise da composição centesimal da polpa de manga adicionada, contudo se entende que esse material possui, em sua composição, açúcares, fibras e outros componentes que podem ter contribuído para a redução do volume deslocado e do volume específico das massas.

Nota-se que a densidade dos pães aumentou, de acordo com o aumento da concentração de polpa de manga Ubá (Figura 2). Tal observação pode ser explicada pela relação entre volume e densidade, ou seja, com a redução do volume dos pães (cm^3), houve um aumento da densidade ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). No trabalho realizado por Amaya et al. (2013), estudaram-se os efeitos da substituição parcial de água por suco de goiaba, e observaram-se valores de densidade próximos a $0,55 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (substituição parcial) e $0,82 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (substituição total). Resultados semelhantes foram encontrados por Fieli et al. (2013), que observaram um aumento da densidade dos pães à medida que a incorporação de fibras provenientes da farinha de fruta-pão foi elevada, $0,18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para pães com 5% m/m de farinha até $0,26 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para pães com 15% m/m de farinha de fruta-pão. Shuda, Baskaran e Leelavathi (2007) relataram o aumento da densidade de bolos, contendo fibras de maçã, como resultado da capacidade de absorção de água das fibras.

A perda de forneamento dos pães não foi influenciada pela adição de 30% (m/m) de polpa de manga Ubá (7,29%), em relação ao controle (0% m/m de polpa; 7,74%) (Tabela 4). Contudo, houve efeito significativo ($p < 0,05$) da diminuição da perda de forneamento com aumento da adição de polpa de manga nas formulações F2 e F3 (Figura 2). Ademais, observa-se, na Figura 2, que a perda de forneamento diminuíram de acordo com o aumento da concentração de polpa de manga Ubá adicionadas nas formulações. Uma possível explicação baseia-se no volume de água adicionada nas formulações, uma vez que a polpa de manga possui um menor conteúdo de água, quando comparada a água pura. Portanto, como o volume de água adicionada foi menor, a perda de forneamento será menor também. Além disso, as moléculas de água presentes na polpa de manga podem estar interagindo com outros componentes estruturais e, assim, pode ter uma menor quantidade de água livre.

5.3.2 Análise da composição centesimal e do valor calórico

Os valores médios da composição centesimal e do valor calórico das formulações de pães de forma adicionado de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios (desvio-padrão) para análise da composição centesimal e do valor calórico das formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

Formulação	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeo (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)	Valor calórico (Kcal)
FC	37,21 (0,14)	1,68 (0,02)	3,66 (0,31)	1,37 (0,11)	56,10 (0,45)	262,80 (1,57)
F1	35,51** (0,12)	1,65 ^{n.s} (0,16)	3,43 ^{n.s} (0,08)	1,38 ^{n.s} (0,11)	58,04** (0,25)	268,50** (0,28)
F2	35,23** (0,30)	1,56 ^{n.s} (0,11)	3,83 ^{n.s} (0,23)	1,31 ^{n.s} (0,09)	58,08** (0,19)	271,99** (1,62)
F3	34,21** (0,32)	1,67 ^{n.s} (0,13)	4,25** (0,24)	1,30 ^{n.s} (0,12)	58,59** (0,28)	277,78** (2,54)
d.m.s.	0,560	0,274	0,536	0,235	0,726	4,006

FC: Formulação Controle - sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F1: Formulação com 30% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F2: Formulação com 50% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

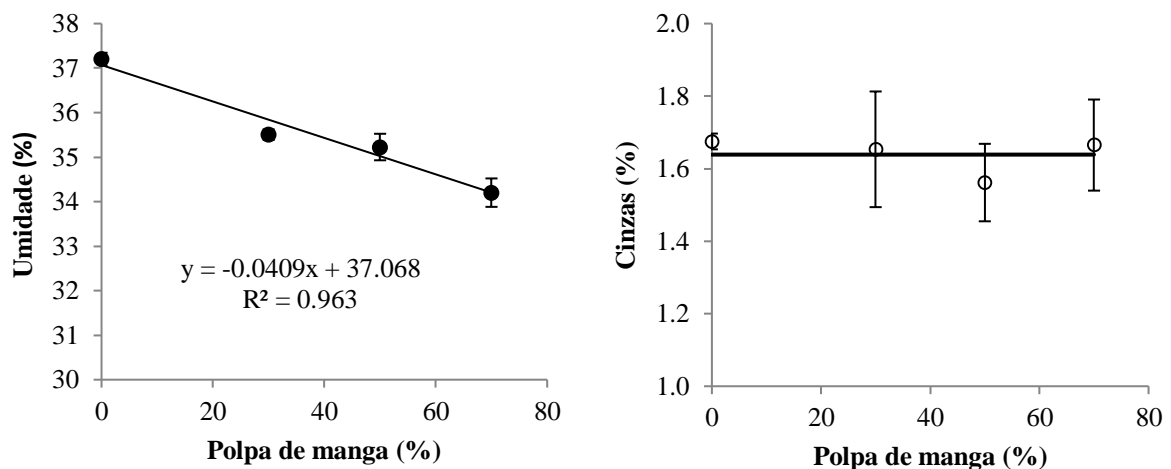
F3: Formulação com 70% de polpa de manga e sem adição de sacarose.

** Diferença significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

^{n.s} Diferença não significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($P > 0,05$).

d.m.s.: diferença mínima significativa.

A Figura 3 representa a variação dos componentes da composição centesimal em função da adição do percentual de polpa de manga nos pães de forma sem adição de sacarose.



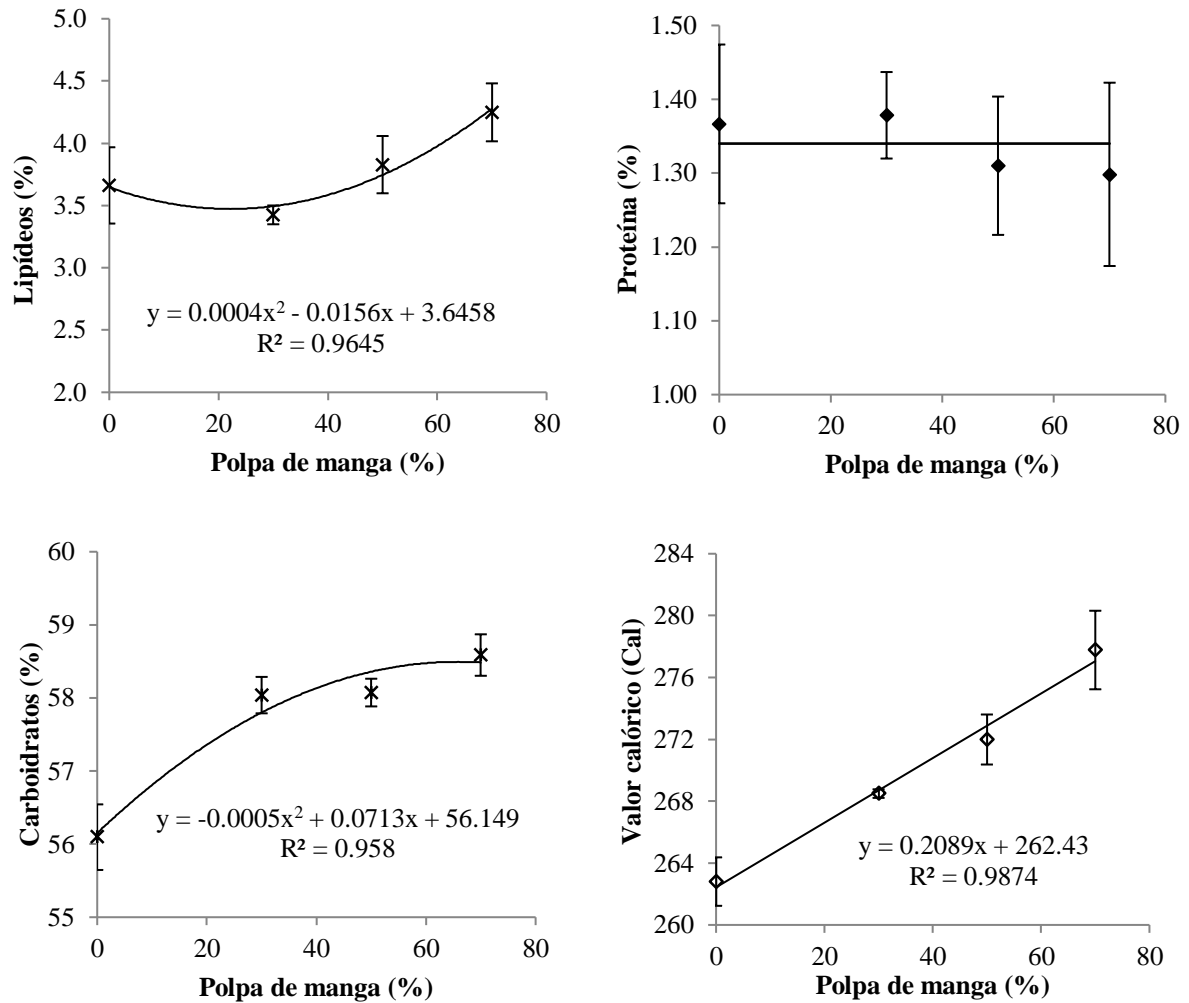


Figura 3 – Variação da composição centesimal e valor calórico nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.

A FC obteve maior teor de água quando comparada com as demais formulações ($p < 0,05$). A diferença significativa entre as formulações adicionadas de polpa quando comparadas com a FC podem ser justificadas, uma vez que a cada formulação foi adicionada uma quantidade diferente de polpa. À medida que se aumentava o teor de polpa, menor foi sua umidade (Figura 3). Provavelmente o teor de umidade diminuiu devido à alta capacidade das fibras da polpa em absorver água, o que resultaria em uma menor quantidade de água livre.

Conforme Brasil (2000), para pães preparados com farinha de trigo comum e ou farinha de trigo especial (sêmola/semolina de trigo), a umidade é de no máximo 38%, sendo assim, valores próximos aos encontrados. Resultados próximos também foram encontrados

por Borges et al (2012) quando avaliaram o teor de água de pães tipo forma adicionados de farinha de quinoa que variaram de 35,37% a 35,59%. Resultados pouco inferiores foram encontrados por Zambelli et al. (2015) quando avaliaram o teor de água de pães tipo forma, adicionados de ingredientes funcionais com uma variação de 31,49% a 33,15% de umidade.

De acordo com a Tabela 5, os resultados para as análises de cinzas e proteína indicaram que não houve variação significativa ($p > 0,05$) nesses componentes com aumento da concentração de polpa de manga, cujos valores médios apresentados foram $1,64 \pm 0,05$ % (m/m) e $1,34 \pm 0,04$ % (m/m), respectivamente. Valores próximos de cinzas foram encontrados por Brasil et al. (2017) com pães de forma adicionados de farinha do resíduo de manga e polidextrose, em que foram identificados valores de 1,67% a 2,56%, para a formulação controle e com adição de 30% de resíduo de manga, respectivamente.

Quanto ao teor de lipídeo, que variou de 3,66 a 4,25%, observou-se um aumento do seu teor com o incremento da quantidade de polpa de manga Ubá adicionada nas formulações (Figura 3). Somente foi observado diferença no teor de lipídeos entre a F3 com a FC ($p < 0,05$) (Tabela 5). Em um estudo realizado por Capriles et al. (2006), foi utilizada farinha de amaranto (normal e desengordurada) para substituições parciais a farinha de trigo, este apresentou variação de 12,1% a 10,6%. Borges et al. (2011) identificaram valores de 5,66% e 5,77% (m/m) de lipídeos em pães incorporados com farinha de linhaça.

O aumento no teor de carboidratos e o valor calórico foram observados entre as formulações que tiveram adição de polpa de manga com a FC ($p < 0,05$). O aumento do teor de carboidratos pode ser explicado pelo fato de ele ser calculado por diferença, e essa quantificação é dependente dos outros valores da composição centesimal. Já o valor calórico é calculado em relação aos valores de lipídios, proteínas e carboidratos.

5.3.3 Análise instrumental da cor e teor de carotenoides

Na Tabela 6, estão dispostos os valores médios para análise instrumental da cor e teor de carotenoides das formulações de pães.

Tabela 6 – Valores médios (desvio-padrão) para análise instrumental da cor e teor de carotenoides nas formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

Formulação	L*	C*	h* (grau)	Carotenoides (mg/100g)
FC	68,87 (2,53)	18,01 (0,83)	72,27 (0,13)	0,11 (0,03)
F1	57,40** (1,63)	29,67** (0,48)	73,75** (0,19)	0,71** (0,05)
F2	55,88** (2,13)	39,83** (0,31)	76,65** (0,16)	1,11** (0,05)
F3	58,32** (2,55)	37,37** (0,43)	76,93** (0,09)	1,55** (0,06)
d.m.s.	5,27	1,29	0,34	0,12

FC: Formulação Controle - sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F1: Formulação com 30% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F2: Formulação com 50% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F3: Formulação com 70% de polpa de manga e sem adição de sacarose.

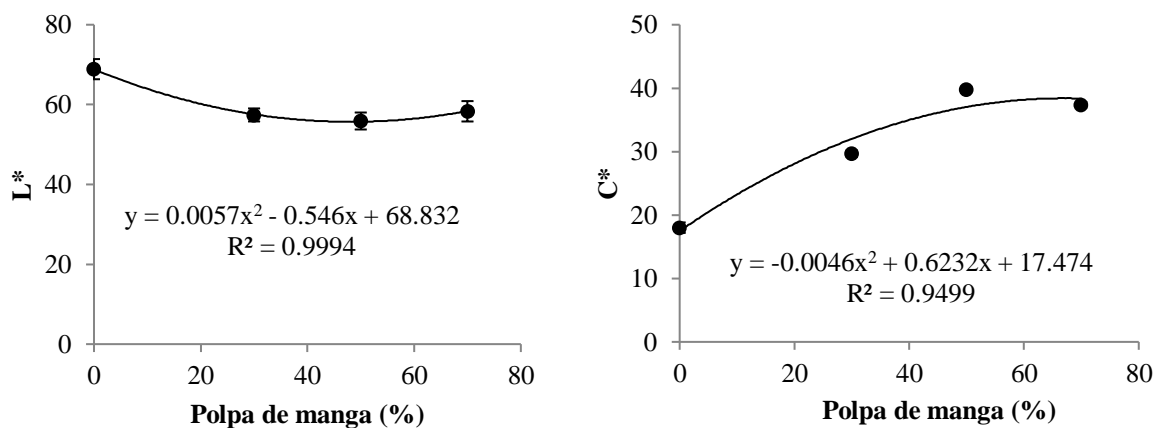
** Diferença significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{n.s} Diferença não significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

d.m.s.: diferença mínima significativa.

Pela Tabela 6, observa-se que todas as formulações em que foram adicionadas de polpa de manga diferiram da FC ($p < 0,05$) na cor e no teor de carotenoides. Possivelmente, a presença de carotenoides provenientes da polpa de manga Ubá causou essa alteração significativa nas variáveis L*, C*, h*. Neste caso, verificou-se um aumento nas coordenadas de cor à proporção que se aumentou a concentração de polpa de manga nas formulações.

Na Figura 4, estão ilustradas as variações das coordenadas de cor e teor de carotenoides totais das diferentes formulações de pães de forma.



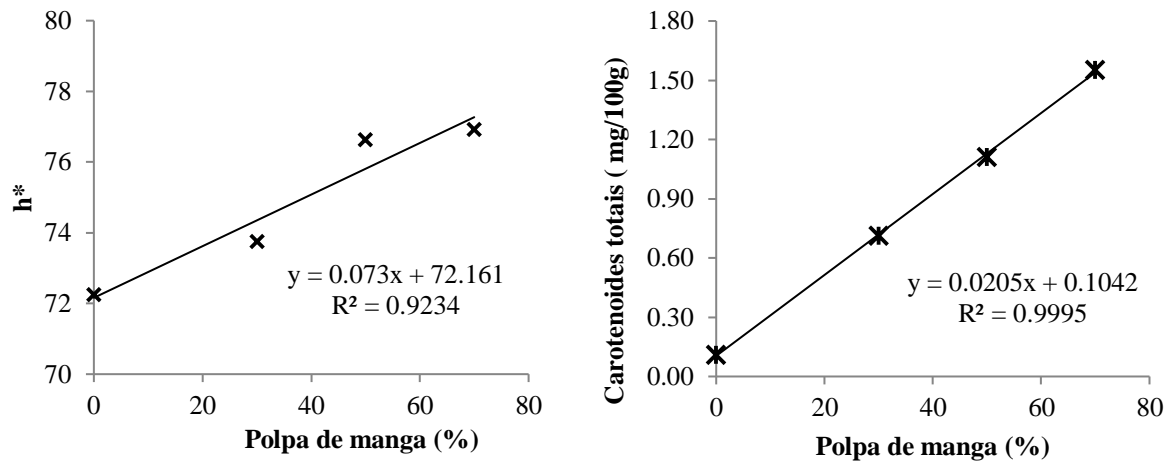


Figura 4 – Variação das coordenadas de cor e teor de carotenoides totais nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.

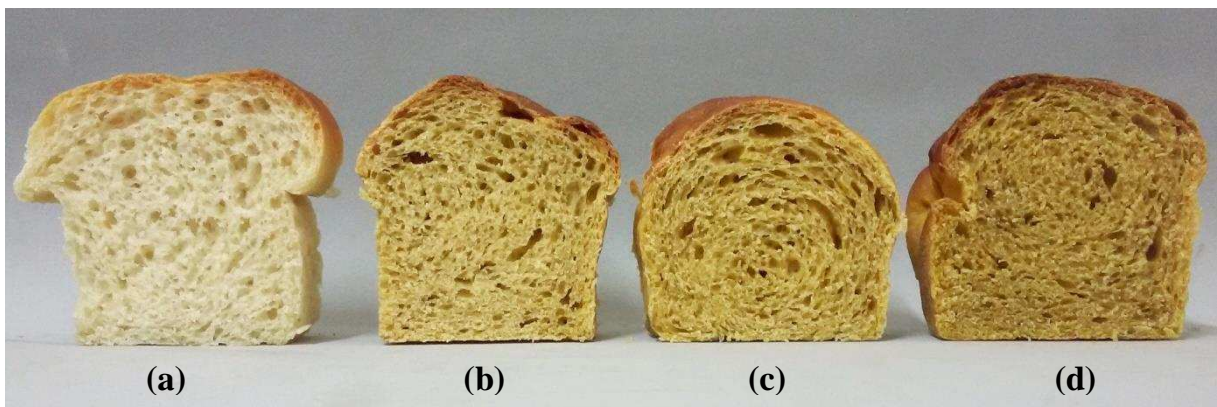


Figura 5 – Imagem do miolo dos pães adicionados de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose. (a) pão com 0% de polpa de manga Ubá (controle), (b) pão com 30% de polpa, (c) pão com 50% de polpa e (d) pão com 70% de polpa.

Os valores obtidos para os valores L^* do miolo dos pães apresentaram diferença significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Dessa forma, foi possível notar que os valores médios de luminosidade com a adição de polpa de manga Ubá foram crescentes, indicando que, à proporção que se aumentou a concentração de polpa, houve escurecimento da cor do miolo dos pães.

O uso de aditivos em pães foi estudado por Karimi et al. (2012) e promoveu o aumento da luminosidade dos pães, variando de 53,68 para a formulação com 0,2% de DATEM a 65,40 para a formulação com 0,6%. Stoll, Flôres e Thys (2012) estudaram a adição de fibra da casca de laranja como substituto de gordura em formulações de pães tipo forma, à

proporção que a quantidade desta fibra foi elevada, os valores de luminosidade diminuíram, variando de 76,93 para a formulação com 5% de fibra da casca de laranja a 67,34 para a adição de 2,5%.

Na avaliação do croma (C^*), pode-se verificar que os valores variaram de 18,01 para a formulação sem adição de polpa de manga Ubá a 37,37 para a formulação com adição de 70% de polpa, em que todas as formulações diferiram significativamente do controle. (Tabela 5). Esses valores são próximos aos encontrados por Silva et al. (2010) em seu estudo da utilização de frutooligossacarídeos em pães de forma sem açúcar, que obtiveram valores para o pão padrão de 24,10 e 25,71 para o pão com adição de 6% de FOS. A partir das Figuras 4 e 5, pode-se afirmar que houve um aumento na intensidade da cor conforme a polpa de manga foi adicionada.

Conforme a Figura 3, para o ângulo de tonalidade (h^*), este aumentou ($p < 0,05$), pois, à medida que foram adicionadas maiores proporções de polpa de manga Ubá, os valores foram de 72,27 (controle) a 76,93 (70% de polpa). Esses valores foram próximos a 90° , que se caracterizam tons amarelos os quais podem ser vistos claramente na Figura 5.

O conteúdo de carotenoides das formulações de pães foi crescente ($p < 0,05$) conforme a polpa de manga era adicionada (Figura 4), obtendo assim valores médios que variaram de 0,11 mg/100g a 1,55 mg/100g. Em seu estudo, Ajila, Leelavathi e Prasada Rao (2008), visando à melhoria do teor de fibras alimentares e propriedades antioxidantes em biscoito com a incorporação de casca de manga em pó, concluíram que o conteúdo de carotenoides aumentou de 0,017 para 0,247 mg/ g de biscoito, da formulação controle para a formulação com adição de 20% de casca de manga em pó, respectivamente.

Pode-se observar que os carotenoides presentes na polpa de manga Ubá promoveram o aumento das coordenadas de cor (L^* , C^* , h^*), os carotenoides são corantes naturais, que intensificaram a coloração da crosta e do miolo dos pães, uma vez que esse atributo é de suma importância para o consumidor.

5.3.4 Determinação da capacidade antioxidante

Os resultados da capacidade antioxidante das formulações de pães de forma adicionados de polpa de manga, avaliados pelos ensaios ABTS e DPPH, estão apresentados na Tabela 7 e na Figura 6.

Tabela 7 – Valores médios (desvio-padrão) para determinação da capacidade antioxidante nas formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose

Formulação	Ensaio radical ABTS ($\mu\text{mol de trolox g}^{-1}$ de pão)	Ensaio radical DPPH ($\mu\text{mol de trolox g}^{-1}$ de pão)
FC	0,60 (0,21)	8,90 (0,73)
F1	1,03 ^{n.s} (0,31)	9,28 ^{n.s} (1,28)
F2	1,18 ^{**} (0,27)	9,57 ^{n.s} (0,92)
F3	1,17 ^{**} (0,13)	9,88 ^{n.s} (1,04)
d.m.s.	0,565	2,38

FC: Formulação Controle - sem adição de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F1: Formulação com 30% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F2: Formulação com 50% de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose;

F3: Formulação com 70% de polpa de manga e sem adição de sacarose.

** Diferença significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{n.s} Diferença não significativa entre o controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

d.m.s.: diferença mínima significativa.

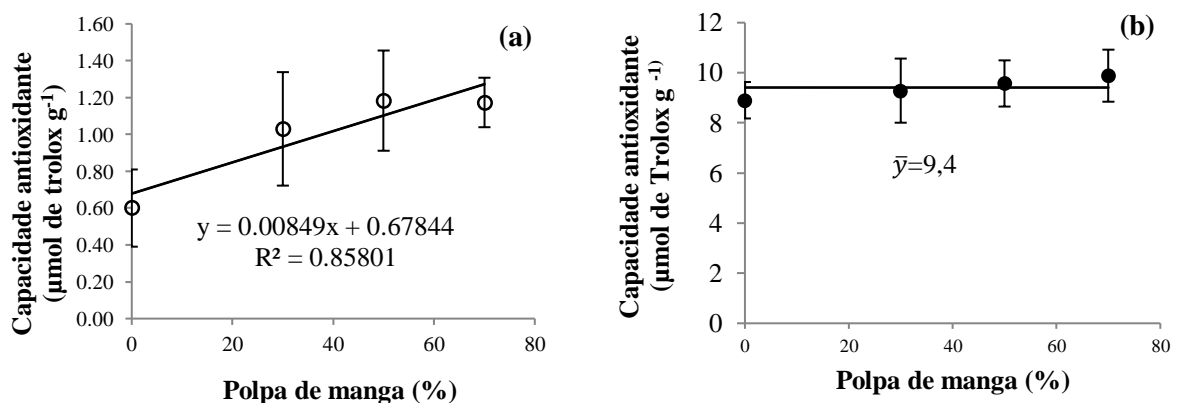


Figura 6 – Variação da capacidade antioxidante determinado pelos ensaios do radical ABTS (a) e DPPH (b) nas formulações de pães de forma em função da adição de polpa de manga e sem adição de sacarose.

Conforme a Tabela 7, é possível verificar que os resultados da capacidade antioxidante pelo ensaio ABTS não foi influenciado pela adição de 30% de polpa de manga Ubá, em referência ao controle (0% de polpa). No entanto, as formulações com incorporação de 50% e 70% de polpa de manga demonstraram capacidade antioxidante significativa ao nível de 5% de probabilidade, apresentando valores de 1,18 μmol de trolox g^{-1} de pão e 1,17 μmol de trolox g^{-1} de pão, respectivamente.

Os resultados encontrados pelo ensaio do radical DPPH não apresentaram diferença estatística significativa ($p > 0,05$), sua variação foi de 8,90 μmol de trolox g^{-1} de pão para a formulação controle (0% polpa) a 9,88 μmol de trolox g^{-1} de pão para a formulação com adição de 70% de polpa de manga Ubá.

Serpen, Gökmen e Mogol (2012) encontraram valores de 7,40 μmol de trolox g^{-1} de pão (ensaio ABTS) e 3,41 μmol de trolox g^{-1} de pão (ensaio DPPH) para as formulações controle, enquanto que, para os pães adicionados de farinhas de diferentes misturas de grãos, os resultados variaram entre 6,8 e 12,9 μmol de trolox g^{-1} de pão (ensaio ABTS), e 3,6 a 5,8 μmol de trolox g^{-1} de pão (ensaio DPPH).

Os resultados obtidos, neste estudo, pelo ensaio ABTS, permitem inferir que os pães adicionados de 50% e 70% de polpa de manga apresentaram ação antioxidante quando comparados à formulação controle.

CONCLUSÃO

A adição de polpa de manga Ubá, visando a utilizar apenas o açúcar presente na fruta como substrato para a fermentação dos pães, tem influência sob as propriedades reológicas das massas, que, a partir dos testes dinâmico-oscilatórios realizados nas massas e os testes de panificação experimental feitos nos pães, conclui-se que as formulações sem adição de sacarose e com adição de polpa de manga Ubá proporcionaram massas mais firmes, densas e elásticas; e esse incremento de polpa proporcionou pães volumes inferiores.

A incorporação de polpa de manga Ubá nas formulações de pães promoveu uma tendência no aumento da capacidade antioxidante e o teor de carotenoides, na medida em que estes são agentes antioxidantes e corantes naturais, que, pode trazer benefícios à saúde pela presença de compostos bioativos.

Dessa forma, constatou-se que a intenção de elaborar formulações de pães de forma com adição de polpa de manga da variedade Ubá e sem adição de sacarose mostrou-se bastante pertinente, visto que o produto pode contribuir para uma melhor qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, M. R.; MOSS, M. O. **Microbiología de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1997. 464p.
- AJILA, C.M.; LEELAVATHI, K.; PRASAD RAO, U.J.S. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **Journal of Cereal Science**, v. 48, p.319-326, 2008.
- AMAYA, D. A. D.; GOES, T. S.; PINHEIRO, G. K.; BRASIL, D. L.; ZAMBELLI, R. A. Influência do suco de goiaba na capacidade de expansão das massas para produção de pães tipo forma. **Revista Magistra**, v. 26, p. 1886-1890, 2013.
- AMAYA, D.A.D.; PINHEIRO, G.K.; BRASIL, D.L.; MELO, P.E.F.; ZAMBELLI, R.A. Incorporação de suco de manga em formulações de pães tipo forma: avaliação das características físicas. **Revista Magistra**, v. 25, p. 436-440, 2013.
- American Association of Cereal Chemists – AACC. **Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement**. Saint Paul, 2001.
- Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados. **Estatísticas**: geral. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-geral.php>>. Acesso em: 30 jul. 2017.
- Association of Official Analytical Chemistry – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Washington, 14. ed., 1984.
- Association of Official Analytical Chemistry – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Wasington, 16. ed., 1997.
- AUTRAN, J.C. Soft Wheat: view from France. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 34, n. 9, p. 667-676, 1989.
- BARBOSA, M. J.; MERCADANTE, A. Z. **Microcápsulas de bixina: obtenção, aplicação e estudos de fotodegradação em sistemas-Modelo**. 2009. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2009.
- BENEVIDES, S.D.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa de manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n.3, p. 571-578, 2008.
- BORGES, J. T. S.; PAULA, C. D.; PIROZI, M. R.; OLIVEIRA, K. Qualidade nutricional de pão de forma enriquecido com farinha de quinoa. **Alimentos hoy**, v 21, n. 7, p. 55-67, 2012.
- BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; PAULA, C.D.; RAMOS, D.L.; CHAVES, J.B.P. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim CEPPA**. v. 29, n. 1, p. 83-96, 2011.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P. et al. Análise físico-química microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótica **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

BRASIL, D.L.; MELO, P.E.F.; ZAMBELLI, R.A.; FONTES, E.A.F. Elaboração de Pães de Forma Adicionados de Farinha de Resíduo de Manga e Polidextrose. **Revista Higiene Alimentar**, v. 31, p. 4184-4188, 2017.

BRASIL. RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.azeiteonline.com.br/wp-content/uploads/2011/04/anvisa-resolucao-rdc270-de-22-09-2005.pdf>> Acesso em: 5 nov. 2016.

BRASIL. RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova o Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

BUENO, M. M. **Desenvolvimento e aceitabilidade de pão de forma enriquecido com polidextrose e flocos de quinoa**. Dissertação (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2012.

BURTON, P.M.; MONRO, J.Á.; ALVAREZ, L.; GALLAGHER, E. Glycemic Impact and Health: New Horizons in White Bread Formulations. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Dublin, v. 51, n. 10, p. 965-982, 2011.

CAMPOS, S.D.S. **Reologia e textura em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.83, 1989.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. 5ª ed. São Paulo: Senac, 2012. 323p.

CAPRILES, V. D.; AREAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim CEPPA**, v. 29, n. 1, p. 15-21, 2011.

CAPRILES, V. D.; COELHO, K. D.; MATIAS, C. G.; ARÊAS, J. A. G. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo cookie e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 269-274, 2006.

CARDOSO, J. M. P.; BOLINI, H. M. A. Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness. **Food Research International**, v. 40, n. 10, p. 1249–1253, 2007.

CARR, L. G.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie.**, v. 36, n. 6, p. 609-614, 2003.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. Barueri, São Paulo: Manole, 2009.

DOS SANTOS, H. F. M. **Livro de Panificação**. 2ª ed. Lisboa: Sauvage, 2006. 134 p.

DWYER, J. H.; NAVAB, M.; DWYER, K. M.; HASSAN, K.; SUN, P.; SHIRCORE, A.; HAMA-LEVY, S.; HOUGH, G.; WANG, X.; DRAKE, T.; MERZ, C. N.; FOGELMAN, A. M. Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: the los angeles atherosclerosis study. **Circulation**, v.103, n.24, p. 2922-2927, 2003.

FAOSTAT. FAO Statistical Database Agriculture. **Food**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da Manga Orgânica Cultivar Ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FELLOWS, P.J. **Food Processing Technology – Principles and Practice**. 2ª ed. Woodhead Publishing, 2000.

FONTES, E. A. F. **Cinética de alterações químicas e sensoriais em néctar de manga (*Mangifera indica* L. var. Ubá) durante tratamento térmico**. Viçosa, MG, 2002. 112p. Tese - (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.

FREITAS, R.C.P. **Caracterização do processo de secagem em leito de espuma para obtenção de pó de manga Ubá**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2016.

GALLI, J. A.; ARRUDA-PALHARINI, M. C.; FISCHER, I. H; MARTINS, A. L. M. Características físico-químicas de variedades de manga cultivadas em sistema orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2. In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza, CE. 2011.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. Dissertação (Mestrado em Ciência em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico – Panificação**. 1ª ed. Rio de Janeiro: REDETEC, 2006.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. Dynamic oscillatory shear testing of foods – selected applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p -115-127, 2000.

GUTKOSKI, L. C.; NETO, R. J. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, Santa Maria, 2002.

HENRY, C.; HEPPELL, N. Nutritional losses and gains during processing: future problems and issues. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.61, p.145–148, 2002.

HUANG, W.; KIM, Y.; LI, X.; RAYAS-DUARTE, P. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. **Journal of Cereal Science**, v.48, p.639-646, 2008.

HUNTERLAB. **CIE L*a*b* color scale**: applications note, v.8, n.7, 1996. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/color_theory.php>. Acesso em: 12 nov 2016.

JACOB, H.E. **Seis Mil Anos de Pão - A Civilização Humana através de seu Principal Alimento**. São Paulo: Ed. Nova Alexandria, 2003. 584p.

KARIMI, M.; FATHI, M.; SHEYKHOLESLAM, Z.; SAHRAIYAN, B.; NAGHIPOOR F. Effect of different processing parameters on quality factors and image texture features of bread. **Journal of Bioprocessing and Biotechniques**, v. 2, p. 1-7, 2012.

KIM, Y.; GIRAUD, D. W.; DRISKELL, J. A. Tocopherol and carotenoid contents of selected Korean fruits and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, Netherlands, v. 20, n. 6, p. 458-465, 2007.

KLIMCZAK, M. M.; PACHOLEK, B. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. **Nahrung**, v. 46, p. 184-186, 2002.

MAIANI, G.; CASTÓN, M. J. P.; CATASTA, G et al. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular Nutrition Food Research**, v.53, p.194–218, 2008.

MARIOTTI, M.; ALAMPRESE, C. About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, p. 9-15, 2012.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento**: otimização do uso de aditivos. Dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil, 2004.

MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; GULARTE, M. A.; GRANADA, G. G. Características Sensoriais de Compotas de Pêssego Light Elaboradas com Sucralose e Acesulfame-K. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 401-407, 2005.

MEZIANI, S.; IOANNOU, I.; JASNIEWSKI, J.; BELHAJ, N.; MULLER, J. M.; GHOUL, M. Effects of freezing treatments on the fermentative activity and gluten network integrity of sweet dough. **LWT-Food Science and Technology**, v.46, p.118-126, 2012.

MOORE, J.; LIU, J.G.; ZHOU, K.; YU, L. Effects of genotype and environment on the antioxidant properties of hard winter wheat bran. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6182–6187, 2006.

MOREIRA, R.M.; MARTINS, M.L.; LEITE JÚNIOR, B.R.C.; MARTINS, E.M.F.; RAMOS, A.M. et al. Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. **LWT - Food Science and Technology**, v. 77, p. 259-268, 2016.

NELSON, A.L. **Sweeteners alternative**. St. Paul: Eagan Press, p. 99, 2000.

NEVES, E.G.F.; RAMOS, A.M.; FREITAS, G.B.; TEIXEIRA, T.R.; VALENTE, M.E.R.; NEVES, E.O.; RODRIGUES, M.Z. Quality of 'Ubá' mangos from harvest to receipt by the processing plant. **Journal of Advances in Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 787-798, 2016.

NIP, W.K. (2014). Sweeteners. *Bakery Products: Science and Technology* (edited by W. Zhou & Y.H. Hui). p. 137–160. Oxford: Wiley Blackwell. ISBN: 978-1-119-96715-6.

NUNES, A. G.; FARIA, A. P. S.; STEINMACHER, F. R.; VIEIRA, J. T. C. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2006.

OLIVEIRA, D.S.; MATA, G.M.S.C.; LUCIA, C.M.D.; CAMPOS, F.M.; RIBEIRO, S.M.R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Influência da embalagem e estocagem no conteúdo de betacaroteno e ácido ascórbico em suco de manga "Ubá" industrializado. **Maringá**, v. 32, n. 2, p. 191-198, 2010.

OLIVEIRA, G.P.; SIQUEIRA, D.L.; SILVA, D.F.P.; MATIAS, R.G.P.; SALOMÃO, L.C.C. Caracterização de acessos de mangueira Ubá na Zona da Mata Mineira. **Revista Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 962-969, 2013.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2007.

ÖZKAN, M.; AYSEGÜL, K.; CEMEROGLU, B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**, Chicago, v.88, n.4, p.591-597, 2004.

PACHECO, A.L.V.; BORGES, K.S.; VIEIRA, S.; FREITAS, G.B. Qualidade da Manga 'Ubá' Orgânica e Convencional Ofertada a uma Agroindústria da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 5, n. 1, p. 130-136, 2015.

PENG, B.; YOUQIAN, L.; DING,S.; YANG, J. Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. **Food Chemistry**. v.233, p. 369-377, 2017.

PHILIPPI, S.T. **Nutrição e Técnica Dietética**. 2 ed. Barueri: Manole, 2003. 390p.

PIRES, R. P. **Curso de extensão em tecnologia da panificação**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 1998.

- PIVOTTO, L. G. C. **Carotenóides: inovações e tendências em alimentos**. 2011. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.
- PRASAD, S.R.S.; REDDY, Y.T.N.; UPRETI, K.K.; SRILATHA, V. Chemical constituents during the main and off-season in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Royal Special. **Journal of Horticultural Sciences**, v. 10, p. 229-232, 2015.
- RAMOS, A. M.; COUTO, F. A. A.; REZENDE, P. M.; LELIS, F. M. V.; BENEVIDES, S. D.; PEREZ, R. **Manga Ubá: boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria**. Viçosa: UFV, p. 64, 2005.
- RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. 3 ed. New York: Springer, 2014.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.26, p.1231–1237, 1999.
- RIBEIRO, C. M. A. **Panificação**. São Paulo: Hotec, 2006.
- RIBEIRO, S. M. R.; BARBOSA, L. C. A.; QUEIROZ, J. H.; KNÖDLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**. London, v.110, p.620-626, 2008.
- RÖBLE, C.; KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Inulin and oligofructose as fat and sugar substitutes in quick breads (scones): a mixture design approach. **European Food Research and Technology**, v.233, p.167-181, 2011.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoids Analysis in Food**. Washington: International Life Sciences Institute Press, p.64, 2001.
- RUFINI, J. C. M.; GALVÃO, E. R.; PREZOTTI, L.; SILVA, M. B.; PARRELLA, R. F. C. Caracterização biométrica e físico-química dos frutos de acessos de manga 'Ubá'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 456-464, Jaboticabal, SP. 2011.
- SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 280p.
- SANTOS, J. A. F. Análise da textura garante consistência uniforme. **Food Ingredients**, South America, v.11, p.28-29, mar./abr. 2001.
- SAS INSTITUTE. **The SAS system for windows (Statistical Analysis System), release 6.12 software**. Cary, 1996.

SERPEN, A.; GÖKMEN, V.; MOGOL, B. A. Effects of different grain mixtures on Maillard reaction products and total antioxidant capacities of breads. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 160–168, 2012.

SILVA, D.F.P.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING, T.B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira. **Revista Ceres**, v.56, p.783-789, 2009.

SILVA, L. **Efeito da fermentação utilizando *Aspergillus oryzae* sobre as características funcionais, tecnológicas e físico-químicas da farinha de soja integral e aplicação em pão de forma funcional**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2009.

SILVA, M.T.P.; SILVA, C.B.; PALEO, I.W.; CHANG, Y.K. Utilização de Frutooligossacarídeos na Elaboração de Pão de Forma sem Açúcar. **Temas Agrários**, v. 15, p. 44-57, 2010.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**, 2ª ed. Freeman Press, East Lansing, MI, EUA, 1996.

STOLL, L.; FLÔRES, S. H.; THYS, R. C. S. Fibra de casca de laranja como substituto de gordura em pão de forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.3, p.567-573, 2015.

SHUDA, M. L.; BASKARAN, V.; LEELAVATHI, K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. **Food Chemistry**. v. 104, p. 686-692, 2007.

TLAPALE-VALDIVIA, A. D.; CHANONA-PÉREZ, J.; MORA-ESCOBEDO, R.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. Dough and crumb grain changes during mixing and fermentation and their relation with extension properties and bread quality of yeasted sweet dough. **International Journal of Food Science & Technology**, v.45, p.530-539, 2010.

TROMBINO, S.; SERINI, S.; NICUOLO, F. D.; CELLENO, L.; ANDO, S.; PICCI, N.; CALVIELLO, G.; PALOZZA, P. Antioxidant effect of ferulic acid in isolated membranes and intact cells: synergistic interactions with α -Tocopherol, β -Carotene and Ascorbic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.8, p.2411-2420, 2004.

VASCONCELOS, S. M. L.; SILVA, A. M.; GOULART, M. O. F. Pró-antioxidantes e antioxidantes de baixo peso molecular oriundos da dieta: estrutura e função. **Nutrire**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 95-118, 2006.

VERGARA-VALENCIA, N.; GRANADOS-PEREZA, E.; AGAMA-ACEVEDO, E.; TOVARB, J.; RUALESC, J.; BELLO-PEREZA, L. A. Fibre Concentrate from Mango Fruit: Characterization, Associated Antioxidant Capacity and Application as a Bakery Product Ingredient. **LWT - Food Science and Technology**, v.40, p.722–729, 2007.

VITTI, P. Pão. In: **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 4v. vol.4, cap. 13, p.365-386.

ZAMBELLI, R. A.; ARAUJO, M. M. N.; PINTO, L.I.F.; MELO, S.C.P.; MELO, P.E.M.; PONTES, D. F. Inovação tecnológica no processamento de pães: otimização na incorporação de suco de acerola e manga. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis. **Anais do COBEQ**, 2014.

ZAMBELLI, R.A.; PINTO, L.I.F; CHINELATE, G.C.B.; TORRES, L.B.V.; PONTES, D.F. Efeito da estocagem de massas congeladas nos parâmetros colorimétricos de pães tipo forma adicionados de ingredientes funcionais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.1, p. 62-68, 2015.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo da análise de variância, de regressão e da falta de ajustamento para os modelos de 1º grau e 2º grau para as variáveis do teste de panificação experimental nas formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

FV	GL	Quadrado médio			
		Volume Total (cm ³)	Volume específico (cm ³ g ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)	Perda de fornecimento (%)
Formulações	(3)	9357,6389*	0,5816*	0,01040*	12,1135*
Regressão (1º grau)	1	25884,1316*	1,6587*	0,03052*	32,2272*
Falta de ajustamento (1º grau)	2	1094,3925	0,04297*	0,0003433 ^{n.s}	2,0567 ^{n.s}
Regressão (2º grau)	2	13506*	0,8557*	0,01531*	16,4778*
Falta de ajustamento (2º grau)	1	1060,9010*	0,03319 ^{n.s}	0,0005887 ^{n.s}	3,3850 ^{n.s}
Resíduo	8	112,5000	0,009360	0,0001270	1,2537

FV: fonte de variação. GL: Grau de liberdade. *Significativo pelo teste de Fischer ($p < 0,05$). ^{n.s}. Não significativo pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).

Tabela 2A – Resumo da análise de variância, de regressão e da falta de ajustamento para os modelos de 1º grau e 2º grau para as variáveis da composição centesimal e valor calórico das formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

FV	GL	Quadrado médio					Valor calórico (Kcal)
		Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeo (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)	
Formulações	(3)	4,6525*	0,0081 ^{n.s}	0,3590*	0,0050 ^{n.s}	3,6225*	118,2157*
Regressão (1º Grau)	1	13,4429*	0,0027 ^{n.s}	0,5903*	0,0106 ^{n.s}	9,3246*	350,2057*
Falta de ajustamento	2	0,2573*	0,0107 ^{n.s}	0,2434*	0,0023 ^{n.s}	0,7715*	2,2207 ^{n.s}
Regressão (2º Grau)	2	6,7699*	0,0055 ^{n.s}	0,5192*	0,0061 ^{n.s}	5,2047*	176,6675*
Falta de ajustamento	1	0,4177*	0,0131 ^{n.s}	0,0387 ^{n.s}	0,0029 ^{n.s}	0,4581 ^{n.s}	1,3136 ^{n.s}
Resíduo	8	0,0567	0,0135	0,0519	0,0100	0,0954	2,9027

FV: fonte de variação. GL: Grau de liberdade. *Significativo pelo teste de Fischer ($p < 0,05$). ^{n.s}. Não significativo pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).

Tabela 3A – Resumo da análise de variância, de regressão e da falta de ajustamento para os modelos de 1º grau e 2º grau para as variáveis de cor e teor de carotenoides das formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

FV	GL	Quadrado médio			
		L*	C*	h* (grau)	Carotenoides (mg/100g)
Formulações	(3)	105,1038*	288,9082*	15,4286*	1,1242*
Regressão (1º grau)	1	197,0475*	744,0419*	42,7250*	3,3707*
Falta de ajustamento (1º grau)	2	59,1320*	61,3414*	1,7804*	0,0008 ^{n.s}
Regressão (2º grau)	2	157,5624*	411,6229*	21,3787*	1,6861*
Falta de ajustamento (2º grau)	1	0,1867 ^{n.s}	43,4789*	3,5285*	0,0003 ^{n.s}
Resíduo	8	5,0200	0,3021	0,0208	0,0024

FV: fonte de variação. GL: Grau de liberdade. *Significativo pelo teste de Fischer ($p < 0,05$). ^{n.s}. Não significativo pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).

Tabela 4A – Resumo da análise de variância, de regressão e da falta de ajustamento para os modelos de 1º grau e 2º grau para capacidade antioxidante das formulações de pães de forma adicionado de diferentes percentagens de polpa de manga e sem adição de sacarose.

FV	GL	Quadrado médio	
		Ensaio radical ABTS μmol de trolox/ g de pão)	Ensaio radical DPPH μmol de trolox/ g de pão)
Formulações	(3)	0,2245 ^{n.s}	0,5226 ^{n.s}
Regressão (1º grau)	1	0,5778*	1,5645*
Falta de ajustamento (1º grau)	2	0,0478*	0,0017 ^{n.s}
Regressão (2º grau)	2	0,3364*	0,7839*
Falta de ajustamento (2º grau)	1	0,0006612 ^{n.s}	0,0000050 ^{n.s}
Resíduo	8	0,0577	1,0241

FV: fonte de variação. GL: Grau de liberdade. *Significativo pelo teste de Fischer ($p < 0,05$). ^{n.s}. Não significativo pelo teste de Fischer ($p > 0,05$).