UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

JACKELINE CINTRA SOARES

APROVEITAMENTO ALIMENTAR DE JAMBOLÃO

Goiânia
2015

JACKELINE CINTRA SOARES

APROVEITAMENTO ALIMENTAR DE JAMBOLÃO

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari
Coorientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

Goiânia
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JACKELINE CINTRA SOARES

APROVEITAMENTO ALIMENTAR DE JAMBOLÃO

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 10 de fevereiro de 2015, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Profa. Dra. Raquel de Andrade Cardoso Santiago
Membro- FANUT/UFG

Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido
Membro- IFGoiano

Prof. Dr. Márcio Caliari
Presidente EA/UFG

À Deus e a todos que me ajudaram a obter mais essa conquista.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus por todas as bênçãos e oportunidades.

Aos meus pais, Geraldo Garcia Soares e Débora Cintra Soares, pelo amor incondicional, pelo exemplo de caráter e pelo incentivo nos momentos mais importantes da minha vida. Meu eterno amor, gratidão e respeito.

Á minha irmã Layanne Cintra Soares, pelo amor e carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Caliari e meu coorientador Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior, por toda atenção, compreensão, disponibilidade, prontidão em me ajudar, pela experiência e oportunidades oferecidas, com as quais muito aprendi.

Aos meus colegas de mestrado e aos meus professores que me auxiliaram no crescimento profissional e pessoal.

À todos os docentes do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos.

Aos meus amigos de laboratório Kássia Kiss, Liliane, Renata Duarte, Adriana, Darlene e Kátia, me ajudaram na execução das análises, e a minha amiga Lismaíra, pela amizade, que além de me amparar na hora do desespero com ombro amigo, também me auxiliou na execução do projeto, desde a compreensão de metodologias até na formatação da dissertação, me socorreu no momento em que pensei que não conseguiria chegar ao final desta etapa, além disso, ofereceu a sorveteria de seus pais Antônio e Nilva, na elaboração dos sherbets de jambolão.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior me ajudou na elaboração da estatística do projeto, além de ensinar em como tratar os meus dados no software computacional Statistic e também as alunas de pós-doutorado Keyla e Marina, que auxiliaram na compreensão dos aplicativos computacional R e Origin.

À Prof.ª Drª. Maria Raquel, pela ajuda nas análises microbiológicas na FANUT/UFG.

À Iramaia Angelica Neri-Numa e a Prof.ª Drª Glaucia, pela ajuda nas análises de compostos fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante no néctar e no sherbet.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesssoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, através da bolsa de estudos.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

"Nenhum se susterá diante de ti, todos os dias da tua vida. Como fui com Moisés, assim serei contigo; não te deixarei nem te desampararei".

Js 1:5

RESUMO

Os frutos são conhecidas por serem fontes naturais de antioxidantes, dentre os quais estão à vitamina C e E, carotenóides e compostos fenólicos, responsáveis pela prevenção de várias doenças no homem quando consumidas. Porém algumas espécies frutíferas são pouco conhecidas/exploradas, portanto pouco aproveitadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a morfologia, a qualidade nutricional, sensorial e funcional, do ponto de vista tecnológico, da utilização de frutos de jambolão, na produção de polpa para produção de néctares e sherbets. As amostras foram coletadas em 5 diferentes regiões (Região 1 - Norte, Região 2 - Sul, Região 3 - Centro, Região 4 – Leste e Região 5 – Oeste) na cidade de Goiânia-GO, e posteriormente foram processados em polpa para geração dos produtos. Para as análises morfológicas e físicas foram selecionados 60 frutos (60 repetições) de cada região e realizou análise de correlação entre as propriedades físicas e morfológicas dos frutos, após as análises os frutos foram despolpados, e as polpas de cada região foram divididas em 4 lotes (4 repetições) para realização das análises físicas, químicas, compostos bioativos e composição centesimal. As análises foram realizadas em 4 repetições e em triplicata. Para as formulações dos produtos foi utilizado o delineamento Simplex, variando as concentrações de água, açúcar e polpa de jambolão para os néctares. Para os sherbets variaram as concentrações de leite, açúcar e polpa de jambolão. Através das características físicas, químicas e tecnológicas realizada nos produtos foi possível determinar a influência destes ingredientes em cada formulação. A formulação de maior desejabilidade foi determinada através do teste de desejabilidade, comparando com um produto comercial, e utilizando a análise sensorial de cada produto. Confrontaram-se os resultados preditos com os analisados, da formulação de maior desejabilidade, validando o modelo escolhido. Caracterizou-se a formulação mais desejável quanto a sua composição centesimal e o teor de compostos bioativos. Os resultados indicaram na análise de correlação, existe uma forte correlação positiva, acima de 80%, entre o diâmetro maior (D1), diâmetro menor (D2), comprimento (H1) e volume do fruto (V_F) com a massa do fruto (M_F). A cor das polpas de jambolão estão relacionadas com o grau de maturação dos frutos, alterando o conteúdo de antocianinas, sendo a polpa dos frutos de jambolão e destacaram como fonte de antocianinas e vitamina C. A polpa de jambolão apresentou alta umidade e baixo teor de lipídeos. Os sherbets apresentaram comportamento não newtoniano e pseudoplástico, e o modelo que melhor ajustou foi o modelo Herschel-Bulkley. A influência dos ingredientes nas formulações dos sherbets indicaram que altos teores de açúcar estão relacionados com maior taxa de derretimento, elasticidade, coesividade e luminosidade. O consumo de sherbets de jambolão pode ser recomendado devido aos aspectos nutritivos e a presença de compostos fenólicos (96,86mg Eq. $_{AG}$ mg^{-1}). A AT, SST, SST/AT, cor e VA alteraram de acordo com as variações dos ingredientes nas formulações de néctares. O néctar de jambolão apresentou alto teor de compostos fenólicos (104,70mg Eq. $_{AG}$ g^{-1}) e alta capacidade antioxidante, podendo oferecer benefícios a saúde.

Palavras-chave: *Syzygium cumini*, néctar, sherbet, Simplex, desejabilidade, capacidade antioxidante.

ABSTRACT

The fruits are known to be natural sources of antioxidants, among which are Vitamin C and E, carotenoids and phenolic compounds responsible for the prevention of various diseases in humans when consumed. But some fruit species are little known / exploited so little advantage. The objective of this study was to evaluate the morphology, nutritional quality, sensory and functional, technological point of view, the use of fruit jambolan in the production of pulp for the production of nectar and sherbets. The samples were collected in 5 different regions (Region 1 – North, Region 2 - South, Region 3 - Center, Region 4 – East and Region 5 - West) in Goiânia-GO, and were later processed into pulp for generation of products. For the morphological and physical analysis were selected 60 fruits (60 repetitions) of each region and conducted correlation analysis between physical and morphological properties of the fruit, after the fruits analyzes were pulped, and the pulps of each region were divided into 4 lots (4 repetitions) for physical analysis, chemical, bioactive compounds and chemical composition. The analyzes were performed on 4 replications and in triplicate. For product formulations simplex experimental design was used, varying the concentrations of water, sugar and jambolan pulp for nectar. For sherbets varied concentrations of milk, sugar and jambolan pulp. Through the physical, chemical and technical characteristics on the products could be performed to determine the influence of these ingredients in each formulation. The greatest desirability formulation was determined by the desirability test, compared with a commercial product, and using the sensory analysis of each product. Confronted the predicted results with those analyzed, the greater desirability formulation, validating the model chosen. Characterized the most desirable formulation as its chemical composition and the content of bioactive compounds. The results indicated the correlation analysis, there is a strong positive correlation above 80%, among the largest diameter (D1), smaller diameter (D2), length (H1) and fruit volume (VF) with the fruit mass (MF). The color of jambolan pulps are related to the degree of fruit ripening by changing the content of anthocyanins, and the pulp of fruits jambolan and highlighted as a source of anthocyanins and vitamin C. jambolan pulp showed high humidity and low in lipids. Sherbets showed non-Newtonian and pseudoplastic behavior, and the model that best fit was the Herschel-Bulkley model. The influence of ingredients in the formulations of sherbets indicated that high levels of sugar are related to increased melt rate, elasticity, cohesiveness and brightness. The consumption of sherbets jambolan can be recommended due to the nutritional value and the presence of phenolic compound (96.86mg eq. $_{AG}$ mg^{-1}). AT, SST, SST / AT, color and VA changed according to variations in ingredients in nectars formulations. The nectar jambolan showed high content of phenolic compounds (104.70mg Eq. $_{AG}$ g^{-1}) and high antioxidant capacity and may offer health benefits.

Keywords: *Syzygium cumini*, nectar, sherbet, Simplex, desirability, antioxidant capacity.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
g	Gramas
kg	Quilogramas
kcal	Quilocalorias
mm	Milímetros
nm	Nanômetros
cm	Centímetros
mL	Mililitros
$g\ mL^{-1}$	Gramas por Mililitros
min	Minutos
h	Horas
kj	Quilojoules
mg	Miligrama
µm	Micromol
mM	Milimol
mL	Microlitros
$\mu g_{TE}\ mg^{-1}$	Micro gramas equivalente de Trolox por miligramas
°C	Graus Celsius
cP	Centepoints
rpm	Rotações por minuto
τo	Limite de escoamento
k	Índice de consistência
n	Índice de comportamento
n_{50}	Viscosidade Aparente a 50 s^{-1}
Pa s	Pascal vezes segundo
$Pa\ s^{-1}$	Pascal por segundo
W	Oeste
S	Sul
ERRO	Espécie Reativa de Oxigênio
RL	Radical Livre
O_2	Oxigênio
H_2O_2	Peróxido de Hidrogênio
$NaNO_2$	Nitrito de sódio
$AlCl_3$	Cloreto de Alumínio
NaOH	Hidróxido de sódio
H_3PO_4	Ácido fosfórico
b.u	Base úmida
b.s	Base seca
R^2	Coeficiente de Determinação
P	Desvio relativo médio
FA	Falta de ajuste
p	Nível de significância
°H	Graus Hue
C	Croma
UFC	Unidade Formadora de Colônias
g.f	Gramas-força
RM	Rendimento de polpa manual

RMEC	Rendimento de polpa mecanizada
SST	Sólidos solúveis totais
AT	Acidez titulável
SST/AT	Sólidos solúveis totais por acidez titulável
VA	Viscosidade Aparente
D2	Diâmetro menor do fruto
H	Comprimento do fruto
D1	Diâmetro maior do fruto
d1	Diâmetro menor da semente
h	Comprimento da semente
d2	Diâmetro maior da semente
V_F	Volume do fruto
M_S	Massa da semente
M_F	Massa do fruto
EP	Espessura de polpa
D_F	Densidade do fruto
$Eq._{CAT}$	Equivalente a catequina
$Eq._{AG}$	Equivalente a ácido gálico
$_{TE}$	Equivalente de trolox
CFT	Compostos Fenólicos Totais
FA	Flavonóides totais
TC	Taninos Condensados
TH	Taninos Hidrolisados
DPPH	2,2-difenil-1picrilhidrazila
DCFI	Diclorofenol-indofenol
TPA	Texture Profile Analysis
PEAD	Polietileno de alta densidade
VD	Valor Diário
TD	Taxa de derretimento
L*	Luminosidade
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
EC 50	Concentração necessária para inibir 50% da concentração inicial de DPPH
Ɛ	Coeficiente de absorção molar
C	Concentração mol L^{-}

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 Cálculo de densidade do fruto..... 35
Equação 2 Rendimento de polpa..... 36
Equação 3 Cálculo de espessura de polpa..... 36
Equação 4 Rendimento mecânico..... 37
Equação 5 Cálculo de antocianinas..... 38
Equação 6 Cálculo da % de descoloração do DPPH..... 40
Equação 7 Cálculo do EC 50..... 40
Equação 8 Cálculo desvio relativo médio (P)..... 42
Equação 9 Cálculo de densidade do fruto..... 67
Equação 10 Rendimento de polpa..... 67
Equação 11 Cálculo de espessura de polpa..... 69
Equação 12 Rendimento mecânico..... 69
Equação 13 Cálculo da % de descoloração do DPPH..... 91
Equação 14 Cálculo do EC 50..... 91
Equação 15 Cálculo desvio relativo médio (P)..... 112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura química dos principais flavonóides encontrados em frutas..... 25
Figura 2 Esquema simplificado das rotas biossintéticas envolvidas na produção de compostos fenólicos..... 26
Figura 3 Estrutura química das antocianinas 28
Figura 4 Comprimento ou altura (H) e diâmetros (D1 e D2) do fruto (Figura 4A e 4B)..... 36
Figura 5 Comprimento ou altura (H) e diâmetros (d1 e d2) da semente (Figura 5A e 5B)..... 36
Figura 6 Comprimento ou altura (H) e diâmetros (D1 e D2) do fruto (Figura 6A e 6B)..... 68
Figura 7 Comprimento ou altura (H) e diâmetros (d1 e d2) da semente (Figura 7A e 7B)..... 68
Figura 8.1 Reograma das formulações de sherbets (curva ascendente) na temperatura de 5ºC..... 113
Figura 8.2 Reograma das formulações de sherbets (curva descendente) na temperatura de 5ºC..... 113
Figura 8.3 Reograma das formulações de sherbets (segunda curva ascendente) na temperatura de 5ºC..... 114
Figura 8.4 Reograma das formulações de sherbets (curva ascendente) na temperatura de 5ºC..... 116
Figura 8.5 Reograma das formulações de sherbets (curva descendente) na temperatura de 5ºC..... 116
Figura 8.6 Reograma das formulações de sherbets (segunda curva ascendente) na temperatura de 5ºC..... 117
Figura 9 Dureza (A), elasticidade (B), coesividade (C) e gomosidade (D) em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado..... 141
Figura 10 Luminosidade (A), taxa de derretimento (TD) (B) e sólidos solúveis totais (SST) (C) em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado..... 145
Figura 11 Desejabilidade física e química dos sherbets, considerando mais desejável a dureza e TD intermediária, maior elasticidade e SST e menor coesividade, gomosidade e L*..... 147
Figura 12 Luminosidade (L*) (A), viscosidade aparente (VA) (B), acidez titulável (AT) ($g_{\text{ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$) (C), sólidos solúveis totais (SST) (D) e relação SST/AT (E) em função dos teores de polpa de jambolão, açúcar e água (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado..... 170
Figura 13 Desejabilidade física e química dos néctares, considerando mais desejável a menor luminosidade (L*) e os maiores valores para viscosidade aparente (VA), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT..... 174

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes de sherbets com misturas de 3 componentes (açúcar, leite e polpa de jambolão) definido pelo delineamento Simplex..... 42

Tabela 2 Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de néctar ou misturas-ternárias (polpa, açúcar e água) definidas pelo delineamento Simplex..... 49

Tabela 3 Média e desvio padrão das propriedades físicas (massa do fruto (M_F) (g), massa da semente (M_S) (g), volume do fruto (V_F) (mL), densidade do fruto (D_F) (g mL^{-1}), rendimento de polpa manual (RM) (%) e rendimento de polpa mecanizada (RMEC) (%)) em frutos de jambolão nas regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia - GO..... 70

Tabela 4 Média e desvio padrão das características morfológicas dos frutos e sementes de jambolão nas regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO..... 72

Tabela 5 Média e desvio padrão das coordenadas de cor L*, a*, b*, c* e H (graus) em polpa de jambolão das regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO... 74

Tabela 6 Média e desvio padrão das características físicas e químicas (pH, acidez titulável (AT) (g $_{\text{ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$), sólidos solúveis totais (SST) (°Brix) e relação SST/AT em polpas de jambolão na região1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO..... 76

Tabela 7 Média e desvio padrão da composição centesimal (g $100g^{-1}$) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) da polpa de jambolão na Região1 (Norte); Região 2 (Sul); Região 3 (Centro); Região 4 (Leste) e Região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO..... 92

Tabela 8 Média e desvio padrão para antocianinas (mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$), taninos condensados (g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$), taninos hidrolisados (g $Eq._{AG}$ $100g^{-1}$), β-caroteno (μg g^{-1}) e licopeno (μg g^{-1}) em polpa de jambolão na região1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO..... 94

Tabela 9 Média e desvio padrão de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante em polpa de jambolão de diferentes regiões 1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO..... 97

Tabela 10 Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes de sherbets com misturas de 3 componentes (açúcar, leite e polpa de jambolão) definido pelo delineamento Simplex..... 111

Tabela 11 Coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativo médio (P) dos modelos empíricos para as curvas ascendente/descendente/ascendente de taxa de deformação versus taxa de cisalhamento dos modelos de Bighan, Lei da Potência, Herschel-Bulkley e Casson..... 119

Tabela 12 Média e desvio padrão dos parâmetros reológicos e de viscosidade ajustados ao modelo Herschel-Bulkley das diferentes formulações de

sherbets para taxa de deformação versus taxa de cisalhamento..... 122
Tabela 13 Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de sherbets ou misturas ternárias (açúcar, leite e polpa de jambolão) definidos pelo delineamento Simplex..... 135
Tabela 14 Modelos polinomiais, falta de ajuste (PA), nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para dureza (gf), elasticidade (mm), coesividade (adimensional), gomosidade (gf), luminosidade (L*) (adimensional), taxa de derretimento (mL min^{-1}) e SST (ºBrix) dos sherbets de acordo com os pseudo-componentes de açúcar (x_1), leite (x_2) e polpa de jambolão (x_3)..... 140
Tabela 15 Resultados físicos e químicos obtidos e estimulados de acordo com os modelos, no ensaio para a validação dos modelos de dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, luminosidade (L*), teste de derretimento (TD) e sólidos solúveis totais (SST) da formulação de sherbet de maior desejabilidade com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão..... 148
Tabela 16 Escores médios dos sherbets experimentais de jambolão..... 149
Tabela 17 Composição centesimal (g $100g^{-1}$) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) do sherbet de maior desejabilidade formulado com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão de acordo com os modelos preditos..... 150
Tabela 18 Compostos bioativos e atividade antioxidante (obtido pelos métodos DPPH, ABTS e ORAC) do sherbet de maior desejabilidade formulado com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão de acordo com os modelos preditos..... 151
Tabela 19 Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de néctar ou misturas-ternárias (polpa, açúcar e água) definidas pelo delineamento Simplex..... 165
Tabela 20 Modelos polinomiais, falta de ajuste (FA), nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para luminosidade (L*), acidez titulável (AT) ($g_{\text{ácido cítrico}}$ $100g_{\text{amostra}}^{-1}$), sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SST/AT), viscosidade aparente (VA) (cP) nos néctares experimentais de acordo com os pseudocomponentes para polpa de jambolão (x_1), açúcar (x_2) e água (x_3)..... 169
Tabela 21 Resultados físicos e químicos obtidos e estimulados de acordo com os modelos, no ensaio para a validação dos modelos de luminosidade (L*), viscosidade aparente (VA), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT da formulação de néctar de maior desejabilidade (N5) com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g 100 g^{-1} de açúcar e 3g $100g^{-1}$ de água..... 174
Tabela 22 Escores médios dos néctares experimentais de jambolão..... 175
Tabela 23 Composição centesimal (g 100 g^{-1}) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) do néctar de maior desejabilidade formulado com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água..... 176

Tabela 24 Compostos bioativos e atividade antioxidante (obtido pelos métodos DPPH, ABTS e ORAC) do néctar de maior desejabilidae formulado com 55 g 100 g^{-1} de polpa de jambolão, 15 g 100 g^{-1} de açúcar e 30 g 100 g^{-1} de água..... 177

SUMÁRIO

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO..... 21

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 23

2.1 O fruto jambolão..... 23

2.2 Compostos fenólicos..... 24

2.2.1 Ação dos compostos fenólicos na saúde humana e nos alimentos..... 26

2.2.2 Antocianinas..... 27

2.3 Polpa de fruta..... 39

2.4 Néctar..... 30

2.5 Sherbets..... 31

3 OBJETIVOS..... 33

3.1 Objetivo Geral..... 33

3.2 Objetivos Específicos..... 33

4 MATERIAL E MÉTODOS..... 35

4.1 Obtenção e caracterização morfológica e física dos frutos..... 35

4.2 Produção da polpa de jambolão..... 37

4.2.1 Caracterização física e química das polpas..... 37

4.2.2 Composição centesimal das polpas de jambolão..... 38

4.2.3 Compostos bioativos nas polpas de jambolão..... 38

4.2.4 Análise estatística..... 40

4.3 Obtenção da matéria-prima 40

4.4 Processamento dos sherbets (delineamento experimental)..... 41

4.4.1 Comportamento reológico dos sherbets de jambolão..... 42

4.4.2 Efeito das concentrações nas formulações de sherbets de jambolão..... 43

4.4.3 Análise microbiológica e aceitação sensorial dos sherbets experimentais..... 43

4.4.4 Composição química e atividade antioxidante do sherbet selecionado 44

4.4.5 Análise estatística..... 46

4.5 Processamento dos néctares (delineamento experimental)..... 47

4.5.1 Propriedades físicas e químicas dos néctares experimentais..... 48

4.5.2 Risco microbiológico e aceitação dos néctares experimentais..... 48
4.5.3 Características químicas do néctar selecionado..... 49
4.5.4 Análise dos resultados..... 51

REFERÊNCIAS..... 53

PARTE 2

5 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE FRUTOS, RENDIMENTO E QUALIDADE DE POLPA DE JAMBOLÃO

RESUMO..... 63
ABSTRACT..... 64
5.1 Introdução..... 65
5.2 Material e Métodos..... 67
5.2.1 Obtenção e caracterização física dos frutos..... 68
5.2.2 Caracterização física e química das polpas..... 68
5.3 Resultados e Discussão..... 70
5.4 Conclusão..... 79
REFERÊNCIAS..... 89

6 COMPOSTOS BIOATIVOS E VALOR NUTRICIONAL DE POLPA DE JAMBOLÃO

RESUMO..... 85
ABSTRACT..... 86
6.1 Introdução..... 87
6.2 Material e Métodos..... 89
6.2.1 Composição centesimal..... 89
6.2.2 Compostos bioativos..... 90
6.3 Resultados e Discussão..... 92
6.4 Conclusão..... 99
REFERÊNCIAS..... 100

7 **PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE SHERBETS EM FUNÇÃO DOS TEORES DE POLPA DE JAMBOLÃO, LEITE E AÇÚCAR**
RESUMO..... 106
ABSTRACT..... 107
7.1 **Introdução**..... 108
7.2 **Material e Métodos**..... 110
7.2.1 Obtenção e tratamento da matéria-prima..... 110
7.2.2 Processamento dos "sherbets" (delineamento experimental)..... 110
7.3 **Resultados e Discussão**..... 113
7.4 **Conclusão**..... 125
REFERÊNCIAS..... 126

8 **ACEITAÇÃO, PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SHERBETS DE JAMBOLÃO**
RESUMO..... 130
ABSTRACT..... 131
8.1 **Introdução**..... 132
8.2 **Material e Métodos**..... 134
8.2.1 Obtenção e tratamento da matéria-prima..... 134
8.2.2 Processamento dos sherbets (delineamento experimental)..... 134
8.2.3 Características físicas dos sherbets experimentais..... 135
8.2.4 Análise microbiológica e aceitação sensorial dos sherbets experimentais..... 136
8.2.5 Composição química e atividade antioxidante do sherbet selecionado..... 136
8.2.6 Análise estatística..... 139
8.3 **Resultados e Discussão**..... 140
8.4 **Conclusão**..... 153
REFERÊNCIAS..... 154

9 **ACEITAÇÃO, PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE NÉCTARES DE JAMBOLÃO**

RESUMO..... 161
ABSTRACT..... 162
9.1 **Introdução**..... 163
9.2 **Material e Métodos**..... 164
9.2.1 Obtenção da matéria-prima..... 164
9.2.2 Processamento dos néctares (delineamento experimental)..... 164
9.2.3 Propriedades físicas e químicas dos néctares experimentais..... 165
9.2.4 Risco microbiológico e aceitação dos néctares experimentais..... 165
9.2.5 Características químicas do néctar selecionado..... 166
9.2.6 Análise dos resultados..... 168
9.3 **Resultados e Discussão**..... 169
9.4 **Conclusão**..... 180
REFERÊNCIAS..... 181

ANEXOS
ANEXO A- Ficha de análise sensorial..... 188
ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido..... 189
APÊNDICE
APÊNDICE A - Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão..... 192
APÊNDICE B - Composição centesimal em base úmida (b.u.) (g 100g^{-1}) e valor energético total (kcal 100g^{-1}) de polpa de jambolão em diferentes regiões da cidade de Goiânia – GO..... 195
APÊNDICE C - Perfil textural, luminosidade, taxa de derretimento e sólidos solúveis totais dos sherbets experimentais em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão..... 195
APÊNDICE D1 A D7 - Análise de variância do modelo ajustado para as propriedades físicas dos sherbets de jambolão..... 196

APÊNDICE E1 a E7 - Análise de regressão dos modelos ajustados para as propriedades físicas e químicas dos sherbets de jambolão..... 198
APÊNDICE F1 a F9 - Gráficos de derretimento dos sherbets experimentais de jambolão do tempo em função do volume derretido a 28°C..... 200
APÊNDICE G - Luminosidade (L*), viscosidade aparente (VA), acidez total titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT das formulações dos néctares experimentais de jambolão.. 205
APÊNDICE H1 a H5 - Análise de variância do modelo ajustado para as propriedades físicas dos néctares de jambolão..... 205
APÊNDICE I1 a H5. Análise de regressão dos modelos ajustados para as propriedades físicas e químicas dos néctares de jambolão..... 207

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem a maior biodiversidade do mundo, que inclui um grande número de espécies frutíferas (LETERME et al., 2006). Esta elevada produção de diferentes variedades de frutíferas nativas ou adaptadas é decorrência da extensão do território e sua inserção, em grande parte, nas zonas de clima tropical e temperado (GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004). Muitas espécies de frutas ainda são desconhecidas e, por conseguinte, são relativamente poucas as espécies, considerando a disponibilidade, que encontram-se comercialmente disponível no Brasil (MATTIETTO; LOPES; MENEZES, 2010).

Muitas espécies de frutas ainda pouco exploradas têm característica sensorial única e possuem concentrações elevadas de nutrientes. A riqueza de nutrientes é um dos principais fatores que conduzem ao interesse crescente pelo consumo dessas frutas e dos seus produtos (RUFINO et al., 2010), uma vez que estudos epidemiológicos indicam que a ingestão frequente de frutas pode reduzir os efeitos causados pelo estresse oxidativo, e consequentemente, reduzir o risco de surgimento de várias enfermidades, como as doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (CROWE et al., 2011; JOSHIPURA et al., 2009; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Esse efeito protetor é atribuído à variedade de substâncias antioxidantes presentes nas frutas, como algumas vitaminas (vitaminas C e E), compostos fenólicos (flavonóides) e carotenoides (β-caroteno) (GAWLIK-DZIKI, 2012; VETRANI et al., 2012).

A alta produção de frutos de jambolão durante a safra e a falta de informações sobre o seu processamento destacam a adequação de tecnologias convencionais e o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento dessa fruta, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor (LAGO; GOMES; SILVA, 2006).

O aproveitamento de frutas na elaboração de novos produtos é uma alternativa tecnológica que está ao alcance de todos, pois pode ser aplicada tanto no ambiente industrial como residencial. A utilização do alimento, de forma sustentável, reduz a produção de lixo orgânico, prolonga a vida útil do alimento, promove a segurança alimentar e beneficia a renda familiar (SILVA; RAMOS, 2009). Além disso, o aproveitamento integral de frutas, como forma de incentivo ao consumo desse grupo de alimentos, é uma prática alimentar saudável e também contribui para a promoção da saúde.

Sendo assim, devido ao grande desperdício de frutas de jambolão na época de safra, em virtude da elevada produção da planta e a escassez de informações científicas a respeito de produtos processados, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a morfologia, qualidade

nutricional, sensorial e funcional do ponto de vista tecnológico, da utilização de frutos de jambolão, na produção de polpa para a fabricação de néctares e sherbets com qualidade sensorial, nutricional e funcional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O fruto jambolão

O jambolão, *Syzygium cumini*, é uma planta da família das Myrtaceae. Tem origem na Ásia tropical, especificamente na Índia. Seus nomes são sinônimos *Eugenia jambolana* e *Eugenia cumini* (AYYANAR; BABU, 2012). No Brasil floresce nos meses de setembro a novembro e o seu fruto (também chamado de jambolão) é encontrado abundantemente nos meses de dezembro a fevereiro (OLIVEIRA; AKISUE, 2000; ALBERTON et al., 2001).

É uma árvore que mede cerca de 10m de altura e 3 a 4,5m de diâmetro de projeção da copa, com folhagem abundante, ramos de coloração acinzentada-claro, com fissuras escuras e cicatrizes foliares bastante aparentes. Os ramos são retorcidos com folhas dispostas em filotaxia oposta. As folhas são simples, pecioladas, lanceoladas, com margem ondulada, ápice cuspidado e base cuneada. As flores, de coloração branca a creme, estão dispostas em inflorescências axilares, racemosas, plurifloras compostas, sendo semelhantes quanto à forma às panículas mirceóides, que caracterizam outros gêneros pertencentes à família Myrtaceae (OLIVEIRA; AKISUE, 2000; ALBERTON et al., 2001).

Esta planta é encontrada em grande parte do Brasil, nas planícies litorâneas, nas serras e nos planaltos, e cresce muito bem em vários tipos de solo. No Brasil, o fruto é geralmente consumido *in natura*, porém na Índia esta fruta é, geralmente, processada na forma de compotas, licores, vinhos, vinagre, geléias, geleiadas, tortas e doces (BANERJEE; DASGUPTA, 2005).

Os frutos, que são do tipo drupa, se assemelham bastante às azeitonas, (MARTINS et al., 2002). Sua coloração, inicialmente branca, torna-se vermelha e posteriormente preta, quando maduros. O fruto possui uma única semente, envolvido por uma polpa carnosa e comestível, mucilaginosa, doce, sendo geralmente agradáveis ao paladar (LORENZI; MATOS, 2002).

Vários componentes fazem parte da composição química de frutas e hortaliças, os quais conferem as características de cor, de sabor e de *flavour*, além dos efeitos nutricionais e nutracêuticos. Os vegetais possuem dois tipos de metabólitos: primários e secundários. Enquanto os metabólitos primários respondem pela sobrevivência do vegetal, exercendo função ativa nos processos de fotossíntese, respiração e assimilação de nutrientes; os metabólitos secundários estão intimamente associados à estratégias de defesa das plantas. Os principais

metabólitos secundários são distribuídos em três grupos de acordo com sua rota biossintética: terpenos, compostos fenólicos e compostos contendo nitrogênio (SILVA et al., 2010).

O jambolão, são consideradas fontes importantes de compostos fenólicos em dietas alimentares, dos quais se conhecem mais de 4000 estruturas com atividades biológicas (EVERETTE et al., 2010). Dentre os compostos já identificados, podemos citar a presença de ácidos fenólicos, como o ácido elágico, os flavonóides, como a quercitina e a rutina, e antocianinas, corantes naturais, como a delfinidina-3-glicosídeo, a petunidina-3- glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo (LIMA et al., 2007; VEIGAS et al., 2007; REYNERTSON et al., 2008).

2.2 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos de hidroxila e tem sido muito estudado devido sua influência na qualidade dos alimentos. Os compostos fenólicos se enquadram em diversas categorias, conforme o número de anéis aromáticos e os elementos estruturais que se ligam a esses anéis (Figura 1). Os principais grupos são: fenólicos simples, ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos, ácidos fenilacéticos, flavonóides, estilbenos, taninos condensados, lignanas e ligninas. Os flavonoides constituem o maior grupo, com mais de 4000 compostos identificados, classificados em flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), catequinas ou flavanóis (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina e pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) e chalconas. Os flavonóides são conhecidos como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em frutas, por causa do elevado potencial de oxidação e redução de sua estrutura química, que lhes permite atuar como agentes redutores e como quelante de metais (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

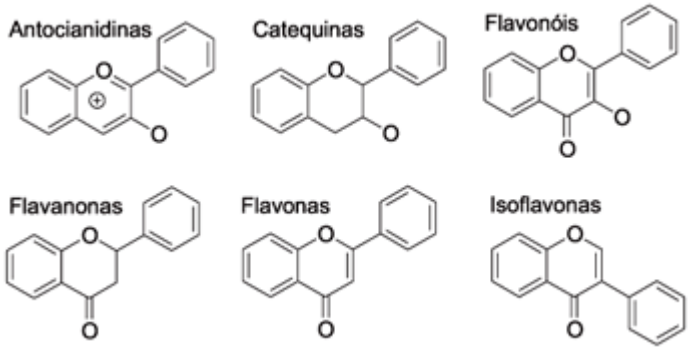


Figura 1. Estrutura química dos principais flavonóides encontrados em frutas.

Fonte: Adaptado de Ignat, Volf e Popa (2011).

Os compostos fenólicos são sintetizados a partir de hidratos de carbono pela via do ácido chiquímico ou a partir do aminoácido aromático fenilalanina pela rota bioossintética dos fenilpropanoides (Figura 2). Junto aos terpenoides e alcaloides, representam os três principais grupos metabólitos secundários de plantas, cujas funções não estão diretamente relacionadas à fotossíntese, respiração, crescimento ou desenvolvimento do organismo (metabolitos primários) mas sim no seu sistema de defesa (CROZIER, 2003).

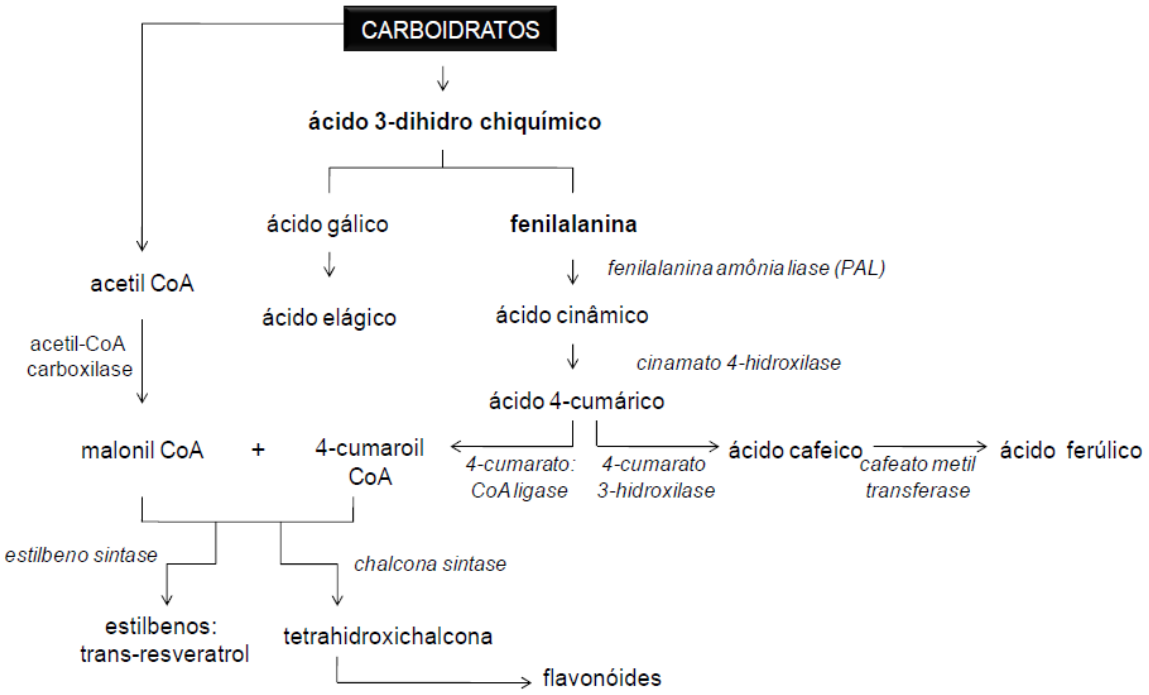


Figura 2. Esquema simplificado das rotas biossintéticas envolvidas na produção de compostos fenólicos.

Fonte: Adaptado de Crozier (2003).

Os compostos fenólicos, em geral, são encontrados em frutos, hortaliças, vinhos, ervas, chás, cacau e soja. No entanto, o teor de compostos fenólicos nos alimentos também pode variar conforme a região de plantio, tipo de solo, exposição solar, índice pluviométrico e estádio de maturação (MARTINS et al., 2011).

Os frutos são consideradas fontes importantes de macro e micronutrientes, mas também possuem outros compostos com propriedades bioativas que promovem benefícios adicionais a saúde e protege o corpo humano contra doenças crônica, como obesidade, diabete de mellitus,

dislipidemias, hepatopatias e canceres (DEMBITSKY et al., 2011). Dentre esses compostos, aqueles com ação antioxidante, como as vitaminas e os compostos fenólicos, tem atraído grande interesse por seus efeitos comprovadores na proteção contra o estresse oxidativo (DAI; MUMPER, 2010; MALTA et al., 2012; NIKI, 2010). O estresse oxidativo decorre da existência de um desequilíbrio entre a produção de compostos oxidante e ação do sistema de defesa dos antioxidantes.

Temperatura, umidade, exposição à radiação ultravioleta constituem fatores bióticos dos quais os metabólitos secundários podem proteger o vegetal. Do mesmo modo, estes metabólitos são de fundamental importância quando consideradas as funções vitais da própria planta, como a fotossíntese e a respiração aeróbica cujos subprodutos, as espécies reativas de oxigênio, podem afetar a integridade dos tecidos (HERNÁNDEZ et al., 2009).

2.2.1 Ação dos compostos fenólicos na saúde humana e nos alimentos

De maneira geral, a ação benéfica dos compostos fenólicos na saúde humana vem sendo relacionado à sua atividade anti-inflamatória que impede não só a aglomeração de plaquetas sanguíneas, mas também a ação de radicais livres ou espécies reativas de oxigênio, no organismo uma vez que protegem a molécula como o DNA, podem a abortar alguns processos carcinogênicos (WU; BUTLER, 2011).

O oxigênio é uma molécula altamente reativa e pode ser parcialmente reduzido para formar um número de agentes quimicamente reativos. O processo de transferência de elétrons, ou a absorção de energia pode levar o oxigênio a gerar as Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) (OGA, 2003), as quais abrangem moléculas com um elétron desemparelhado no último orbital, ou seja, ocupando um orbital atômico ou molecular sozinho, também conhecidas como Radical Livre (RL), tornando-o muito instável, extraordinariamente reativo, e com uma enorme capacidade para combinar-se, o que lhe confere alta reatividade (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000).

A produção desses radicais é um processo natural, contudo confere riscos à saúde quando produzidos em excesso e os mecanismo de defesa são incapazes de neutraliza-los, ocorrendo o extresse oxidativo. Tal processo pode danificar o núcleo celular, resultando em mutações e subsequente carcinogênese; promover a oxidação proteica e com perda da função da proteína, como as enzimas e induzir a peroxidação lipídica formando hidroperóxidos que podem causar alterações na estrutura e na função das membranas celulares (NOVELLI, 2005).

O O_2 envolvido no processo respiratório, em certas condições no organismo, pode ser transformado em ânion superóxido, radical hidroxil, oxigênio singlete e peróxido de

hidrogênio. Estas formas de oxigênio são altamente prejudiciais para os constituintes celulares, incluindo o DNA, os lipídios, ácidos graxos e as proteínas, ocasionando reações inflamatórias O oxigênio atmosférico também é o principal agente responsável pela deterioração de materiais orgânicos e alimentos expostos ao ar. Diversas classes de moléculas são susceptíveis ao ataque de O_2 e acabam formando hidroperóxidos (FERRONATTO et al., 2006).

Há evidencias que consumo regular de alimentos ricos em compostos bioativos como os frutos diminui peroxidação lipídica e reduz risco de morte por doenças cardiovasculares e canceres (OUDE GRIEP et al., 2010). É valido destacar que o conteúdo de compostos bioativos está fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante das frutas, sendo que amostras com maior teor de compostos bioativos apresentam maior capacidade antioxidante (CANUTO et al. 2010). Os principais mecanismos de ação destas substâncias incluem a captura de radicais livres, a neutralização ou eliminação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, e a ligação de íons metálicos a outros compostos, tornando-os indisponíveis para a produção de espécies oxidantes (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Entre as potenciais propriedades medicinais do fruto jambolão, a maioria está correlacionada por apresentar alta atividade antioxidante, que é citada como decorrente da presença de compostos fenólicos já identificados, como é o caso de ácidos fenólicos, como o ácido elágico, os flavonóides, como a quercitina e a rutina, e antocianinas, corantes naturais, como a delfinidina-3-glicosídeo, a petunidina-3- glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo (LIMA et al., 2007; VEIGAS et al., 2007; REYNERTSON et al., 2008).

2.2.2 Antocianinas

Inúmeros estudos realizados com compostos fenólicos, especialmente os flavonóides (antoxantinas e antocianinas), estes últimos pigmentos também presentes em vinhos tintos, demonstram a capacidade de captar radicais livres (atividade antioxidante) e seus efeitos na prevenção de enfermidades cardiovasculares e circulatórias (STOCLET et al., 2004), cancerígenas (KATSUBE et al., 2003), no diabetes e no mal de Alzheimer (ABDILLE et al., 2005).

O termo antocianina tem origem grega, sendo que “antho” significa flor e “kiano”, azul. (MARKAKIS, 1982). Atualmente, sabe-se que as antocianinas são responsáveis também pelas colorações violeta, vermelha e púrpura de uma grande variedade de espécies do reino vegetal. Dois contra exemplos notáveis são os tomates e beterrabas cujas colorações vermelho-alaranjada e vermelho púrpura são devidas a presença de licopeno e betalaninas, respectivamente (JACKMAN; YADA; TUNG, 1987).

As antocianinas são encontradas em diversos vegetais como: uva, maçã, feijão preto, morango, amora, jabuticaba, cerejas, jambolão, chicória, cenouras púrpuras, dentre outros, estando presente também em alimentos derivados de frutas como sucos, geléias, licores e vinhos (SOARES; CAVALHEIRO, 2002). A estrutura química básica das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos (Figura 3) (DELGADO-VARGAS; JIMÉNEZ; PAREDES-LÓPEZ, 2000).

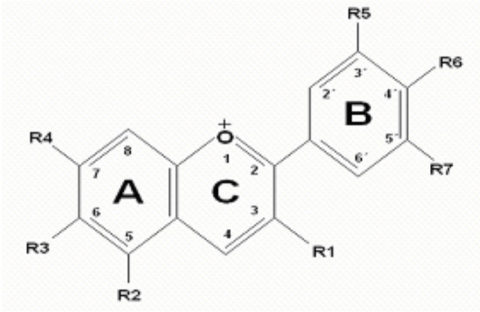


Figura 3. Estrutura química das antocianinas.
Fonte: (DELGADO-VARGAS; JIMÉNEZ; PAREDES-LÓPEZ, 2000).

As antocianinas são conhecidas como corantes naturais vermelhos usados em alimentos, devido às suas cores brilhantes e atraentes, não-toxicidade, e solubilidade em água, o que permite a sua incorporação em meios aquosos (LOPES et al., 2007).

No entanto, eles têm problemas de estabilidade à cor e esta estabilidade de antocianinas são afetados por vários fatores tais como a estrutura química, temperatura, pH, concentração, presença de luz, de copigmentos, íons metálicos, enzimas, oxigênio, ácidos ascórbico, açúcares e seus produtos de degradação, e dióxido de enxofre (CAVALCANTI; SANTOS; MEIRELES, 2011; SHIPP; ABDEL-AAL, 2010). A baixa demanda comercial das antocianinas, expliquem porque padrões comerciais de antocianinas apresentam preço elevado e nem sempre estão comercialmente disponíveis.

No que diz respeito à presença de bioativos em jambolão, Veigas et al. (2007) comprovaram com seus estudos a existência de elevados teores de antocianinas. Esses resultados sugerem que a atividade antioxidante do extrato de jambolão, aliado ao forte potencial corante do mesmo, com características desejáveis de solubilidade e estabilidade, poderiam estimular a incorporação de extrato como aditivo natural para ser empregado em alimentos e em formulações farmacêuticas.

Os frutos do jambolão se caracterizam por apresentar alta atividade antioxidante, além de ser uma rica fonte de antocianinas, como a delfinidina-3-glicosídeo, a petunidina-3-glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo (VEIGAS et al., 2007). Além das antocianinas, já foi

constatada no fruto a presença de ácido elágico, quercetina e rutina que podem ser os compostos responsáveis pela atividade antioxidante (REYNERTSON et al., 2008).

É importante salientar que, para elaboração de qualquer produto derivado do jambolão, devem ser considerados os tratamentos que os produtos serão submetidos, pois, como qualquer composto fenólico, as antocianinas são doadores efetivos de hidrogênio e possuem deficiência natural de elétrons, fazendo com que sejam particularmente reativos e sensíveis a mudanças de pH e temperatura (VOLP et al., 2008).

2.3 Polpa de fruta

A exigência do consumidor aumentou ao escolher entre os itens e marcas à sua disposição. Assim, as indústrias precisam desenvolver alimentos inovadores, que surpreendam e antecipem as necessidades do consumidor. Em adição ao sabor e à satisfação, produtos alimentícios podem oferecer um fácil e único sistema de transferência de vitaminas, minerais e outros ingredientes que têm propriedades preventivas de doenças. Além de seus aspectos nutritivos, um alimento deve satisfazer e ser agradável ao consumidor, resultando no equilíbrio de parâmetros de qualidade sensorial (BARBOZA; FREITAS; WASZCYNSKY, 2003).

Dentre o desenvolvimento de novos produtos, destaca-se o processamento de polpa de frutas, com resultados bastante promissores. Esse processo possibilita ao produtor uma alternativa para a utilização de frutas que não atendam ao padrão de comercialização do produto *in natura*, ou cujos preços não sejam compensadores (MATTA et al., 2005). A utilização de polpas de frutas está em expansão nas indústrias de produtos lácteos, sorvetes, doces, entre outros, o que aumenta o interesse dos produtores e consumidores (KUSKOSKI et al., 2006).

A qualidade da polpa está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, que devem ser próximas da fruta *in natura*, de forma a atender as exigências do consumidor e da legislação vigente. No Brasil a qualidade de polpas de fruta comercializadas é regulamentada pela resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001) e pela Instrução Normativa de Nº 1 de 07 de janeiro de 2000 que determina os Padrões de Identidade e Qualidade (PQI's). Esta legislação define polpa de fruta como sendo o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtida de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto (BRASIL, 2000).

2.4 Néctar

O mercado do setor de bebidas apresenta-se em constante ascensão e o principal consenso entre especialistas é a tendência de maior aumento do consumo das bebidas não alcoólicas. A indústria, cada vez mais consciente desse potencial brasileiro, está se beneficiando da tecnologia para investir num mercado crescentemente em expansão: o de sucos prontos para beber (MONTEIRO, 2006). O néctar é a bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal ou de seu extrato, adicionado de açúcares, destinada ao consumo direto (BRASIL, 2009).

O hábito de consumo de sucos de frutas processadas tem aumentado no Brasil e no mundo, motivado pela falta de tempo da população em preparar o suco das frutas *in natura*, pela praticidade oferecida pelos produtos, pela substituição do consumo de bebidas carbonatadas devido ao seu valor nutritivo e pela preocupação no consumo de alimentos mais saudáveis (MATSUURA; ROLIM, 2002).

Os néctares se destacam, dentre os produtos industrializados a partir de frutos, por proporcionarem a manutenção de características próximas às da matéria-prima original, comparativamente à outras formas de processamento (PIRILLO; SABIO, 2009). O consumo destes produtos acompanha a tendência de crescimento do mercado de bebidas não alcoólicas (MORZELLE et al., 2009), o qual tem se diversificado principalmente em função da incorporação de novos sabores de frutos (FIGUEIRA et al., 2010), sendo o fruto jambolão com potencial para a elaboração de néctares.

O néctar pode ser elaborado a partir de mais de um tipo de fruta. Neste caso, será denominado “néctar misto” a mistura de duas ou mais partes comestíveis de diferentes frutas, apresentando, este produto, uma série de vantagens, como a possibilidade de combinação de diferentes aromas e sabores e soma dos componentes nutricionais (CHAVES, 2004).

Existem várias formas de se produzir néctares de frutas, mas de maneira geral as etapas envolvidas no processamento são: recebimento dos frutos, lavagem, descascamento, desintegração, branqueamento, despolpamento, formulação do néctar, tratamento térmico e embalagem. A relação SST/AT para os néctares se encontra em geral na faixa de 18 a 20, mas a formulação final irá depender da preferência do consumidor. O pH final deve estar sempre abaixo de 4,0 (ROESLER et al., 2007).

2.5 Sherbets

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define gelados comestíveis como produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou ainda como uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias. Esses componentes devem ser submetidos ao congelamento de maneira tal que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo. Sherbet é um produto congelado à base de leite, açúcares, frutas ou aromatizantes de frutas, sólidos do leite, estabilizante e corantes, quando necessários. Esse produto contém de 1% a 2% de gordura do leite, não sendo permitida outra gordura, e de 2% a 5% de sólidos totais do leite (BRASIL, 1999). Similarmente ao sorvete, o sherbet é processado com maior quantidade de polpa de fruta e menor quantidade de gordura.

Os produtos à base de leite, como o sherbet, são atualmente, apontados como ingredientes funcionais relacionados à saúde. Contém proteínas, açúcares, gordura vegetal e/ou animal, vitaminas A, B1, B2, B6, C, D, K, cálcio, fósforo e outros minerais essenciais numa proporção equilibrada (QUEIROZ et al., 2009).

Assim como no sorvete, a qualidade final do sherbet depende das propriedades funcionais dos ingredientes, das propriedades físicas da calda e do processo de fabricação. Os ingredientes desempenham diferentes funções nas características dos gelados comestíveis: a gordura influi na textura, corpo e diminuição de sensação do frio; as proteínas melhoram a estrutura, interferem na emulsificação e batimento; os açúcares sacarose e glicose contribuem no aumento de viscosidade, diminuição do ponto de congelamento, aumento do sabor e fixação de compostos aromáticos; os estabilizantes melhoram a estabilidade da emulsão, corpo, diminuir a velocidade de derretimento e influenciam na velocidade e temperatura de fusão da mistura; os emulsificantes, na formação de membrana protetora que evita a floculação excessiva e facilita a incorporação de ar; os aromatizantes e corantes atuam na incorporação de sabores e cores (OLIVEIRA et al., 2005).

A incorporação de ar na mistura ocorre no interior dos equipamentos denominados produtoras, que podem ser contínuas ou descontínuas. Nas produtoras contínuas, o ar é injetado por um sistema de filtros e compressores, enquanto que na descontínua se processa, exclusivamente, pela agitação a que a mistura é submetida (PEREIRA, 2011).

As principais funções do ar na estrutura do sorvete ou do sherbet são: tornar a textura mais leve e suave; bolhas de ar dispersam a luz e, portanto, afetam a aparência do produto;

auxiliam no controle do tamanho dos cristais de gelo por oferecerem uma barreira ao crescimento dos cristais e aumentam a resistência ao derretimento (CLARKE, 2004).

Nesse contexto, polpa, néctar e sherbet de jambolão são uma boa opção de industrialização e comercialização dos produtos à medida que proporcionam o aproveitamento dos excedentes de safra. Outros fatores relevantes para sua produção são a possibilidade de agregar valor aos frutos de jambolão e à sua aplicabilidade tecnológica.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a morfologia, a qualidade nutricional e sensorial, do ponto de vista tecnológico, da utilização de frutos de jambolão (*Syzygium cumini,* L), na produção de polpa para fabricação de néctares e sherbets.

3.2 Objetivos específicos

Determinar as características físicas (cor, massa, volume, comprimento, largura e espessura de polpa) nos frutos *in natura* de jambolão de diferentes regiões do município de Goiânia, Goiás;

Produzir polpa de jambolão de diferentes regiões e verificar o rendimento;

Determinar as características físicas e químicas (cor, composição centesimal, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), relação SST/AT, compostos fenólicos, antocianinas, taninos condensados, taninos hidrolisados, ácido ascórbico, carotenoides, antioxidante, açúcares redutores e totais nas polpas de jambolão congeladas das diferentes regiões;

Produzir diferentes formulações de néctares de jambolão, empregando planejamento experimental para misturas;

Produzir diferentes formulações de sherbets de jambolão, empregando planejamento experimental para misturas;

Realizar análises físicas, químicas e tecnológicas (acidez titulável; cor, teste de derretimento, comportamento reológico, SST, AT e SST/AT) para sherbets;

Realizar análises físicas, químicas e tecnológicas (cor, VA, SST, SST/AT) para néctares;

Definir, através da desejabilidade, a formulação com maior potencial comercial;

Avaliar a qualidade microbiológica de formulações de néctares e sherbets de jambolão;

Avaliar a aceitabilidade das formulações de néctar e sherbet de jambolão;

Caracterizar as propriedades físicas e químicas (composição centesimal, pH, compostos fenólicos, antocianinas, taninos condensados, taninos hidrolisados, ácido ascórbico,

carotenóides, antioxidante e açúcares redutores) nas formulações de néctares e sherbets com maior desejabilidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção e caracterização morfológica e física dos frutos

Os frutos de jambolão foram colhidos no estádio de maturação próprio para consumo, ou seja, frutos de caída, de árvores plantadas na cidade de Goiânia - GO na safra dos meses de Janeiro a Março de 2014. Para a colheita dos frutos foi necessário o balanço dos galhos, para a caída dos frutos maduros, sendo estes recolhidos em um tecido esticado e amarrado entre os galhos, evitando o contato do fruto com o solo. Para a coleta selecionaram-se 5 regiões da cidade de Goiânia–GO e as coordenadas geográficas de cada genótipo foram definidas pelo sistema GPS (*Global Position System*) com suas respectivas direções na cidade de Goiânia-GO, sendo Região 1 (latitude 16°39'29,560'' S, longitude 49°11'51,752''W e altitude de 732,53m, direção Norte), Região 2 (latitude 16º43'43,032'' S, longitude 49º18'12,496''W e altitude de 817,95m, direção Sul), Região 3 (latitude 16°39'47,84''S, longitude 49°14'51,202'W' e altitude de 730,50m, direção Centro), Região 4 (latitude 16°41'30,808''S, longitude 49°13'53,393''W e altitude de 817,45m, direção Leste) e Região 5 (latitude 16°42'6,372''S, longitude 49°18'32,645''W e altitude de 787,74m, direção Oeste).

Coletaram-se em média 20 kg de frutos de jambolão de cada região. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de 25x35 e colocados em caixas térmicas, sendo conduzidas à planta piloto de processamento de vegetais, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Após a seleção para eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, estes foram caracterizados por análises morfológicas e físicas. Para as análises morfológicas e físicas foram selecionados 60 frutos (60 repetições) de cada região.

O volume do fruto foi obtido por deslocamento de água em proveta (SILVA et al., 1998) e o peso do fruto inteiro foi registrado em balança digital de precisão (Shimadzy, modelo ay220) (VERA et al., 2005), sendo possível calcular a densidade do fruto (Equação 1). O comprimento ou altura dos frutos (H) e os diâmetros foram obtidos com o auxílio de um paquímetro digital na posição equatorial ou mediana do fruto, sendo D1 o diâmetro maior e D2 o diâmetro menor (Figura 4). Foi removido a semente do fruto através de extração manual e assim foi possível calcular o peso da semente, obtendo o rendimento de polpa (Equação 2).

$$\text{Densidade do fruto } (\text{g ml}^{-1}) = \frac{\text{massa do fruto}}{\text{volume do fruto}} \quad (1)$$

$$\text{Rendimento de polpa} = \left(\frac{\text{massa do fruto} - \text{massa da semente}}{\text{massa do fruto}}\right) * 100 \quad (2)$$

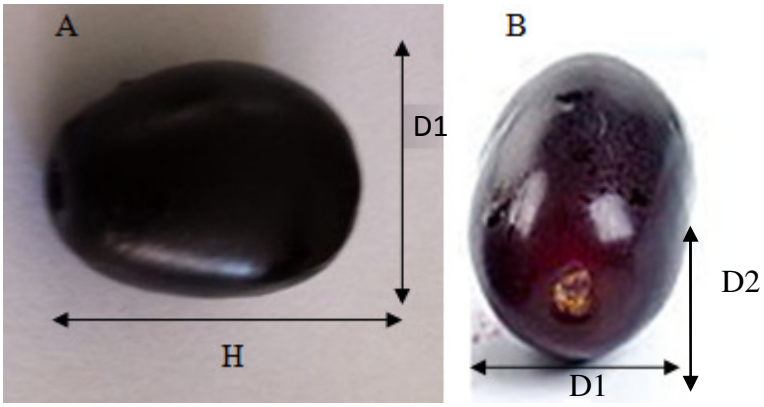


Figura 4. Comprimento ou altura (H) e diâmetros (D1 e D2) do fruto (Figura 4A e 4B).
Fonte: Arquivo Pessoal.

Com a separação da polpa da semente foi possível obter os dados do comprimento (h), diâmetro maior (d1) e diâmetro menor (d2) da semente (Figura 5), e assim foi possível obter a espessura de polpa (Equação 3), Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A análise de correlação de Pearson nas propriedades físicas e morfológicas dos frutos foi executada no aplicativo computacional R usando a função *cor* (R CORE TEAM, 2014).

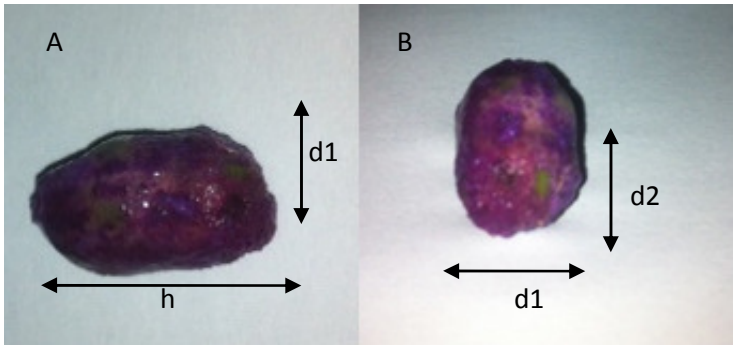


Figura 5. Comprimento ou altura (h) e diâmetros (d1 e d2) da semente (Figura 5A e 5B).
Fonte: Arquivo Pessoal.

$$\text{Espessura de polpa (mm)} = ((D1 - d1)/2) \quad (3)$$

Sendo D1 = diâmetro maior do fruto e d1= diâmetro maior da semente.

4.2 Produção da polpa de jambolão

Os demais frutos foram lavados em água corrente e em seguida foram higienizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}) durante 20min e secos a temperatura refrigerada de 25ºC. O despolpamento foi realizado em despolpadeira elétrica (Itametal, 025 DF A8, Itabuna, Brasil). Determinou-se o rendimento mecânico de polpa pela equação 4.

$$\text{Rendimento mecânico (\%)} = \left(\frac{\text{massa da polpa}}{\text{massa do fruto}}\right) * 100 \quad (4)$$

As polpas de cada região (5 regiões) foram divididas em 4 lotes (4 repetições), em sacos plásticos de polietileno e armazenadas em freezer a -18ºC. As análises físicas, químicas, composição centesimal e compostos bioativos nas polpas de jambolão foram realizadas em triplicata (4x5x3).

4.2.1. Caracterização física e química das polpas

Para as análises de pH e acidez total titulável, as polpas foram diluídas em 50mL de água destilada, para o teor de sólidos solúveis realizou leituras diretamente na polpa. A determinação de pH foi realizado com auxílio de um potenciômetro da marca MICRONAL mod. B-374, segundo método nº 981.12 da AOAC (2010). A acidez titulável (AT) foi realizada por titulação, segundo método nº 942.15 da AOAC (2010), e expressa em gramas de ácido citríco por 100g de amostra. Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados com auxílio de um refratômetro digital da marca LEICA, mod. AR200, segundo método nº 932.12 da AOAC (2010) e os resultados expressos em ºBrix e assim foi também calculado a relação sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Já para a análise de cor foram efetuadas oito leituras em cada polpa de cada repetição (8x4x5), utilizando um colorímetro, marca Hunter-Lab, no sistema Cielab (Comission Internationale d'Eclairage) (MACHADO et al. 1997; HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, 1998), no qual a coordenada L* expressa o grau de luminosidade da cor, a coordenada a* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde e a coordenada b* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo. Os valores a* e b* foram usados para calcular a coordenada c* (croma = $(a^{2}*+b^{2}*)^{1/2}$) e hue (graus) (H = tang $^{-1}$(b*/a*)).

4.2.2 Composição centesimal das polpas de jambolão

As polpas de jambolão de cada região também foram analisados em relação a sua composição centesimal. O teor de umidade foi determinado pela secagem em estufa entre 100 e 105ºC, até peso constante, segundo metodologia nº 932.12 proposta por AOAC (2006). A determinação das cinzas foi obtida por incineração em mufla à 550ºC, utilizando o método oficial 940.26 da AOAC (2006). O nitrogênio foi determinado pelo Método de Kjeldahl (1883), considerando-se 6,25 como fator de conversão para o cálculo de proteína bruta, segundo a metodologia nº 920.152 da AOAC (2006). A análise de lipídeos totais foi realizada pelo método a quente, utilizando éter de petróleo pelo método Soxhlet nº 985.29 (AOAC, 2006). O teor de carboidratos totais foi determinado por diferença (AOAC, 2006). O valor calórico foi calculado por meio da utilização dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), (carboidrato = 4,0kcal g^{-1}; lipídeos = 9,0kcal g^{-1}; proteínas = 4,0kcal g^{-1}). A determinação de fibra alimentar solúvel e insolúvel foi realizada utilizando o método oficial nº 992.16 da AOAC (2006) e Freitas et al. (2008). Açúcar redutor e total foi determinado pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância no espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 540nm.

4.2.3 Compostos bioativos nas polpas de jambolão

O conteúdo total de antocianinas foi estimado, espectrofotometricamente, segundo método de Barcia et al. (2012). Para a extração dos compostos antociânicos, utilizou-se 1g de amostra, no qual foram adicionados 25mL de solução de etanol:HCL 1,5M (85:15), incubando-se por uma 1h a temperatura ambiente. Após esse procedimento, foi efetuado a leitura em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 520nm, que representa o espectro de absorção das antocianinas presentes em frutos de jambolão, realizando a leitura do branco com solução de etanol:HCL 1,5M. A quantificação de antocianinas totais baseou-se no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídio (Equação 5), a qual representa a principal antocianina presente em frutos. Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídio por 100 gramas de amostra.

$$Abs = \varepsilon . C . l \quad (5)$$

Onde, Abs é a absorbância lida; ε é o coeficiente de absorção molar; C é a concentração mol L^{-1} e l é o caminho óptico em cm.

O conteúdo total de taninos condensados (TC) foi estimado colorimétricamente segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978). Para a extração dos taninos utilizou um grama de amostra, as quais serão adicionadas 50mL de metanol, agitando-se por 1h. Após filtração, foi retirado 1mL do extrato, e adicionado 5mL da solução vanilina 1:1 (vanilina 1% em metanol; ácido clorídrico 4% em metanol), deixando-se reagir por 15 min. e efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 500nm, usando metanol para zerar o equipamento (branco). A quantificação foi baseado no estabelecimento de uma curva padrão de catequina com 600 a 1200mg L^{-1} e os resultados foram expressos em g $Eq._{CAT}$ $100g^{-1}$. O conteúdo total de taninos hidrolisados (TH) foi estimado colorimétricamente segundo o método de Brune, Halberg e Skanberg (1991), com adaptações. Para a extração dos taninos se utilizou um grama de amostra, as quais foram adicionados 50mL de metanol, agitando-se por 10min seguido de repouso por 1h. Após filtração, foi retirado 2mL do extrato, e adicionado 8mL da solução FAS (89%: uréia:acetato 1:1; 10%: goma arábica 1% em água deionizada; e 1%: sulfato férrico de amônio 5% em ácido clorídrico 1M), deixando-se reagir por 15min. Após foi efetuado a leitura em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda 680nm (azul), usando metanol para calibrar o equipamento (branco). A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico com 1 a 140mg L^{-1}e os resultados foram expressos em g $Eq._{AG}$ $100g^{-1}$.

A determinação de carotenóides totais foi realizada segundo o método descrito por Rodriguez- Amaya (2001). Pesou-se um grama de polpa, acrescentando os solventes (10mL de etanol, 10mL de acetona e 20mL de hexano), colocando a mistura em tubos cobertos com folhas de alumínio e com tampa, armazenados em geladeira até total despigmentação. Após a despigmentação acrescentou-se (10mL de etanol, 10mL de acetona e 20mL de hexano) e procedeu a filtragem em filtro de papel. Acrescentou 50mL de água destilada, onde ocorreu a separação das fases, colocou-se o conteúdo em bureta e descartou-se a parte inferior. Na parte superior foi realizada a leitura a 503nm para licopeno e 450nm para β-caroteno.

O teor de ácido ascórbico foi obtido em 1g de polpa e após a extração e homogeneização, foi transferido para balão volumétrico de 100mL com auxílio de 50mL de ácido oxálico 0,5% e completado o volume com água destilada. Uma alíquota de 4mL de extrato foi colocado em erlenmeyer, completando o volume até 50mL com água destilada e titulado com DCFI (diclorofenol-indofenol) 0,02% até coloração rósea de acordo com Strohecker e Henning (1967).

Para as análises de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante foram preparados dois tipos de extratos, sendo um extrato com solvente alcoólico e o outro extrato com o solvente aquoso. Pesou-se 2,5 g de amostra em um béquer coberto de papel alumínio e adicionou no béquer 20mL de solvente (alcoólico ou aquoso), e agitou a mistura contida no béquer por uma hora. Filtrou-se com papel de filtro, e após filtrado, completou-se o volume para 20mL e armazenou em frascos âmbar no freezer a -18ºC.

Os CFT foram determinados por espectrofotometria (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 750nm, utilizando o reagente Folin-Ciocalteau, e os dados foram expressos em mg Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$ (WATERHOUSE, 2002). A quantificação foi baseada no estabelecimento da curva padrão de ácido gálico, na faixa de 5 a 50mg L^{-1}, e os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (Eq. $_{AG}$) por 100 gramas de amostra. A determinação do potencial antioxidante foi realizada pelo método do DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995) com modificações (BORGUINI, 2009), sendo medido a % de descoloração (Equação 6) a 517nm, nos dois extratos (aquoso e etanólico) com concentração de 0,2 mg mL^{-1} e a quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% (Equação 7).

$$\%\ \text{descoloração DPPH} = (1 - (\frac{\text{ABS da amostra} - \text{ABS branco da amostra}}{ABS\ branco\ ensaio\ DPPH})) * 100 \qquad (6)$$

$$\text{EC } 50 = \frac{50\% * 200\ \text{ug}}{\%\ \text{de descoloração}} \qquad (7)$$

4.2.4 Análise estatística

As análises físicas, químicas, composição centesimal e compostos bioativos nas polpas de jambolão foram realizadas nas 4 repetições de cada região e em triplicata. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Obtenção da matéria-prima

As polpas de cada região foram homogeneizadas de forma manual, obtendo uma polpa de jambolão para a produção dos produtos (sherbets e néctar). Esta foi armazenada a -18°C até o momento da elaboração dos produtos.

4.4 Processamento dos sherbets (delineamento experimental)

Para a produção dos sherbets utilizou-se açúcar cristal (Cristal®) e leite pasteurizado (Vitalac®), adquiridos no comércio local de Goiânia-GO, liga neutra Pro Sorvete® (açúcar, goma guar e amido) e emulsifcante (Biomix®), além de polpa congelada de jambolão. Os teores máximos e mínimos dos componentes variáveis (açúcar, leite e polpa de jambolão) das misturas ternárias utilizadas nas formulações dos sherbets foram sensorialmente pré-estabelecidos, em testes preliminares feito pelos pesquisadores envolvidos. O açúcar variou entre 5 e 20g $100g^{-1}$, o leite de 45 a 70g $100g^{-1}$, e a polpa de jambolão entre 15 e 40g $100g^{-1}$, por meio da utilização do delineamento Simplex (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com sete misturas e duas repetições no ponto central, Para tanto, a partir das faixas de proporção dos ingredientes determinaram-se os valores em pseudo-componentes (Tabela 1). Foi adicionado 3,5% de liga e emulsificante (valor fixo), para isto os teores de açúcar, leite e polpa do delineamento de mistura foram convertidos para 96,5g $100g^{-1}$ em todas as formulações.

Tabela 1. Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes de sherbets com misturas de 3 componentes (açúcar, leite e polpa de jambolão) definido pelo delineamento Simplex.

Formulação	Proporção dos ingredientes			Pseudo-componente		
	Açúcar	Leite	Polpa	Açúcar (X_1)[1]	Leite (X_2)	Polpa (X_3)
S1 (1)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (2)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (3)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S2	0,15	0,70	0,15	0,29	0,71	0
S3	0,2	0,65	0,15	0,43	0,57	0
S4	0,2	0,45	0,35	0,43	0	0,57
S5	0,15	0,45	0,40	0,29	0	0,71
S6	0,05	0,70	0,25	0	0,71	0,29
S7	0,05	0,55	0,40	0	0,29	0,71

[1]$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100%

Durante o processamento, a polpa de jambolão foi descongelada a 25ºC e homogeneizada com leite, açúcar, liga neutra e emulsificante em liquidificador industrial

(Siemsen, D560484, Jaraguá do Sul, Brasil). Logo após, a calda foi colocado em uma masseira (Everest Indústria e Comércio, produtora horizontal, São Carlos, Brasil) para a incorporação de ar, na temperatura de -7ºC durante 4min. Os sherbets foram transferidos para embalagens de polietileno de 2l, armazenado em freezer a -18ºC.

4.4.1. Comportamento reológico dos sherbets de jambolão

O comportamento reológico das amostras de sherbets de jambolão (Tabela 1) foi determinado utilizando um reômetro (Physica, MCR 101, Ostfildern, Germany). Os ensaios para as medidas reológicas foram realizados a temperatura de 5ºC (TOKER, 2013), probe cilíndrica placa-placa de 50mm, por ser uma amostra particulada foi utilizado um gap 1,0mm (espaço delimitado entre as placas), a taxa de deformação de 1 a 100s^{-1} (curva ascendente) e 100 a 1s^{-1} (curva descendente), um ponto a cada 5s, com tomada de 50 pontos para cada curva. O software (Rheoplus/32 V3. 40) embutido no sistema de aquisição de dados forneceu diretamente as curvas de taxa de deformação versus taxa de cisalhamento e taxa de deformação versus viscosidade. A placa do equipamento foi coberta pela amostra e a qual foi comprimida pela probe cilíndrica e assim obtido as curvas de escoamento, sendo que para cada amostra, as análises foram realizadas em duplicata.

Para a escolha dos modelos empíricos, foi utilizado o programa Origin 8 (ORIGIN, 1999). Os modelos testados foram: Bingham, Casson, Herschel-Bulkley e Lei da Potência. O critério de escolha dos melhores ajustes se baseou na determinação dos modelos através do coeficiente de determinação (R^2), gerado pelo próprio software e do valor do menor erro médio relativo (P), calculado segundo a equação 8. Os parâmetros encontrados no ajuste de melhor modelo foi realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade (STATISTIC 7.0), para verificar se havia diferença entre as diferentes formulações de sherbets.

$$P\ (\%) = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|Y_{pred,i} - Y_{exp,i}|}{|Y_{exp,i}|} \qquad (8)$$

Sendo:

P = desvio relativo médio;

$Y_{exp,i}$ = adimensional de unidade observado experimentalmente;

$Y_{pred,i}$ = adimensional de unidade;

N= número de pontos observados.

4.4.2 Efeito das concentrações nas formulações de sherbets de jambolão

Os efeitos das concentrações de açúcar, de leite e de polpa de jambolão sobre a dureza, a elasticidade, a coesividae, a gomosidade, a luminosidade (L*), os sólidos solúveis totais (SST) e a taxa de derretimento (TD) dos sherbets foram determinados, assim como o efeito das interações entre os ingredientes principais.

As análises de textura foram realizadas segundo o método de TPA (Texture Profile Analysis), utilizando texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra), com 10 corridas por formulação experimental. As amostras de sherbets foram colocadas em recipientes de polietileno de alta densidade (PEAD) com diâmetro de 30mm e altura de 45mm, e levadas ao freezer a temperatura de -18°C, até o momento das análises. Foram empregados parâmetros iguais aos utilizados por Aime et al. (2000): probe cilíndrico com 20mm de diâmetro (P/20), *tiger force* de 5g, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2mm s^{-1}, e distância de penetração de 15 mm, sob temperatura de 25°C. Os atributos do TPA de dureza (gf), elasticidade (mm), coesividade (adimensional) e gomosidade (gf) foram registrados e analisados com o auxílio do software (Texture Exponent Lite, Versão 4.0.13.0, Surrey, Inglaterra) acoplado ao equipamento. O teste de derretimento foi conduzido de acordo com o procedimento descrito por Granger et al. (2005), com modificações descritas a seguir. A amostra de sherbet de 100mL, foi mantida em congelador -18°C e após isso, transferida para tela metálica com abertura de 5mm, disposta sobre uma proveta previamente tarada. A 28°C, o volume de sherbet drenado foi registrado a cada 5min. A partir dos dados obtidos em triplicata foi construído gráfico do tempo em função do volume de sherbet derretido, e com regressão linear determinou-se a velocidade ou taxa de derretimento (TD) (mL min^{-1}). A L* foi lida em um colorímtero (Hunter-Lab, Color QUEST II, Reston, EUA), com os valores variando entre o zero (preto) e cem (branco), sendo realizada 6 leituras por amostra. O teor de SST foi obtido segundo a Association of Oficial Analytical Chemistry (AOAC, 2010), utilizando refratômetro digital (Reichert, R^2mini, New York, EUA), e expresso em ºBrix.

4.4.3 Análise microbiológica e aceitação sensorial dos sherbets experimentais

Foi realizada contagem de coliformes a 45ºC, *Estafilococos coagulase positiva* e *Salmonella* nas formulações dos sherbets de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2001), para a realização da análise sensorial, que ocorreu após o resultados da análise microbiológica.

Para obtenção da nota sensorial para aceitação dos sherbets, em relação aos atributos de aparência, cor, sabor, textura, odor e avaliação/impressão global, utilizou-se escala hedônica de

nove pontos (9 - gostei extremamente, 5 - nem gostei nem desgostei e 1 - desgostei muitíssimo), e delineamento em blocos ao acaso (STONE; SIDEL, 2004). Foi pré-estabelecido que o produto fosse considerado aceito quando pontuasse escore médio maior do que seis. Cinquenta consumidores adultos de ambos os sexos foram recrutados de acordo com o interesse em participar da pesquisa. O teste foi realizado em um Laboratório de Análise Sensorial. As amostras foram servida de forma monódica sequencial, em cabines individuais sob luz branca.

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFG, sob protocolo CAAE n° 25778613.0.0000.5083. Foram selecionados provadores que não haviam ingerido algum tipo de alimento antes da análise sensorial, e também foram excluídos os fumantes. Consumidores que possuem alergia a antocianinas, corante natural presente no fruto jambolão, tolerantes a lactose e diabéticos não participaram da pesquisa.

O sherbet selecionado na análise sensorial foi avaliado em relação a sua composição centesimal e de compostos bioativos (antocianinas, flavonóides, taninos condensados e hidrolisados, compostos fenólicos e atividade antioxidante).

4.4.4 Composição química e atividade antioxidante do sherbet selecionado

A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante; as cinzas por incineração em mufla à 550ºC; a proteína considerando-se 6,25 como fator de conversão para o cálculo do nitrogênio obtido pelo método de Kjeldalh em proteína bruta; os lipídios por extração com éter de petróleo pelo método Soxhlet, e a fibra alimentar solúvel e insolúvel pelo o método enzímico gravimétrico, todas as análises segundo as metodologias recomendadas pela AOAC (2006). Os açúcares redutores e os totais foram determinados pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 540nm. Os carboidratos foram estimados por diferença. O valor energético total foi calculado por meio dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), onde carboidratos digeríveis possuem 4,0kcal g^{-1}, os lipídeos 9,0kcal g^{-1} e a proteína 4,0kcal g^{-1}.

Os compostos fenólicos totais (CFT) foram determinados de acordo com o método proposto por Roesler et al. (2007). A amostra foi dissolvida em metanol P.A., a fim de se obter uma concentração de 0,5mg de sólidos mL^{-1}. Para reação colorimétrica, uma alíquota de 500µL da solução metanólica dos extratos com concentração de 5µL líquido mL^{-1} foi adicionada a 2,5mL de solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau a 10g $100g^{-1}$, e 2,0mL de carbonato de sódio a 7,5g $100g^{-1}$. A mistura foi incubada durante 5min em banho-maria a 50°C para desenvolvimento de cor, e a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro (Ultrospec,

2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 760 nm, utilizando o branco da amostra como referência. A quantificação dos CFT da amostra foi realizada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e expressa em Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$.

O conteúdo de antocianinas foi estimado por espectrometria. Para a extração dos compostos antociânicos utilizou-se 1g de amostra, a qual foi adicionado 25mL de solução de etanol pH 1,0, incubando por uma hora a temperatura ambiente, e logo após efetuada a leitura no comprimento de onda de 520nm. Os resultados foram expressos em mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$ (BARCIA et al., 2012).

O teor de flavonóides totais (FT) foi determinado de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), através de reações da amostra com $NaNO_2$, $AlCl_3$ e NaOH, seguidas de leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 510nm. A amostra foi diluída em água na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, seguido de ultrassonicação a 10°C durante 30 min. Posteriormente, a mesma foi diluída em diferentes concentrações. A quantificação dos FT da amostra foi obtida por meio de curva padrão preparada com catequina e expressa em Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$.

Os taninos hidrolisados (TH) foram estimados colorimétricamente (BRUNE; HALBERG; SKANBERG, 1991), e a leitura realizada em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível – Pharmacia, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 680nm, usando metanol para zerar o equipamento. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico de 1 a 140mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$. Os taninos condensados (TC) foram estimados colorimétricamente, segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), em que a quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de catequina entre 600 e 1200mg L^{-1}, e os resultados foram expressos em Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$.

A atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1picrilhidrazila ($DPPH^{\bullet}$) foi realizado conforme o método proposto por Roesler et al. (2007), com algumas modificações. Uma solução de $DPPH^{\bullet}$ 0,004g 100 g^{-1} (m v^{-1}), com intervalo de absorbância entre 0,8 e 1,2 a 517nm, foi preparada e estocada a 4°C em frascos de cor âmbar até o momento da análise. A amostra foi extraída em metanol na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, ultrassônica a 10°C durante 30min, diluída em diferentes concentrações, e estas incubadas durante 30min ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi adotado para estabelecimento da curva padrão de Trolox e preparação do branco (sem adição da amostra). O metanol foi utilizado para corrigir a linha de base. O percentual de decréscimo

na absorbância foi medido pela concentração, e a capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada, lida a 517nm em leitor de microplaca Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha), com auxílio do software de análise de dados Mars Data Analysis versão 1.3 e os resultados foram expressos em % de inibição e em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$.

A atividade antioxidante total foi determinada através do ensaio com $ABTS^{\bullet+}$, obtido pela reação de 5mL de ABTS (7Mm) com 88µl de persulfato de potássio 140mM (concentração final de 2,45mM), conforme método descrito por Re et al. (1999). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente por 16h em ausência de luz. Uma vez formado o $ABTS^{\bullet+}$, o mesmo foi diluído com água destilada até obter valor de absorbância de 0,7000±0,02 a 734nm, e os resultados foram expressos em % de inibição e em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$.

O Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC foi realizado conforme o método descrito por Prior et al. (2003) e Dávalos; Gomes-Cordovés e Bartolomé (2004), com algumas modificações. Todos os reagentes e diluições das frações hidrofílicas e lipofílicas das amostras foram preparados no dia da análise, exceto o Trolox. Este foi solubilizado em etanol absoluto de modo a atingir concentração de 1500µM, aliquotado em microtubos e armazenado a -80°C até o momento de uso. As reações ocorreram em microplacas de poliestireno, específicas para reações de fluorescência, contendo 96 compartimentos. Para cada leitura foi preparada uma curva padrão de Trolox específica para a avaliação da fração hidrofílica e/ou lipofílica, seguida de diluições apropriadas. Todas as leituras foram realizadas em leitor de microplacas Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha), e os resultados foram expressos em $\mu mol_{TE}\ mg^{-1}$. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

4.4.5 Análise estatística

Modelos polinomiais foram ajustados a cada resposta e estimaram-se os coeficientes numéricos através dos modelos canônicos Scheffe para três componentes: modelos lineares e interações. Esses modelos foram sujeitos à análise de variância (ANOVA), para avaliar o nível de significância do efeito da concentração de cada componente da mistura sobre cada resposta, o coeficiente de determinação (R^2) e a falta de ajuste (FA). Para a obtenção do delineamento experimental, análise de dados e construção de gráficos foi utilizada o software Statistica 7.0 (Statsoft, versão 7.0, Tulsa, USA). As respostas das análises foram conjuntamente otimizadas, usando a função multi-resposta ou a função desejabilidade. Para determinação do sherbet experimental de maior desejabilidade compararam-se os valores obtidos nas análises físicas com um padrão comercial (sorvete de morango Creme e Mel®). Desta maneira para os atributos

de textura, como a dureza desejaram-se valores intermediários, para a coesividade, gomosidade menores e para a elasticidade maiores. Já para L* desejou-se realçar a cor escura (menores valores), combinando com o fruto escolhido (cor roxa); enquanto para TD valores intermediários e para SST os maiores. Para o ensaio de validação dos modelos, utilizou-se a formulação de maior desejabilidade. Confrontaram-se os resultados esperados com os observados, com três repetições originais e análises em replicata. As médias das notas sensoriais foram comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade para verificar diferenças entre na aceitação dos sherbets experimentais.

4.5 Processamento dos néctares (delineamento experimental)

Para a produção dos néctares foi utilizado água potável fornecida pela Saneago (Goiânia, Goiás, Brasil), açúcar cristal (Cristal®) e polpa de jambolão. Os teores máximos e mínimos dos componentes das misturas ternárias (formulação) dos néctares foram pré-estabelecidos em ensaios preliminares. A polpa de jambolão variou entre 30 e 50g $100g^{-1}$, açúcar de 5 a 15g $100g^{-1}$ e a água entre 30 e 65g $100g^{-1}$. Por meio da utilização de delineamento Simplex (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com seis misturas e duas repetições no ponto central. A partir das faixas de proporção dos ingredientes determinaram-se os valores em pseudocomponentes (Tabela 2).

No processamento, a polpa de jambolão foi descongelada a temperatura de 25ºC e homogeneizada com açúcar e água em liquidificador industrial (Siemsen, D560484, Jaraguá do Sul, Brasil). Cada néctar foi envasado em garrafa de vidro com capacidade de 1L, previamente sanitizada em água fervente por 20min, pasteurizado a 90ºC por 60s, resfriados em água corrente, e recravados com tampas metálicas de forma manual. As garrafas contendo o néctar de cada mistura foram armazenadas em geladeira a 5ºC. Os efeitos da polpa de jambolão, do açúcar e da água sobre a viscosidade aparente a 25°C (VA), a luminosidade colorimétrica (L*), a acidez titulável (AT), o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a relação SST/AT dos néctares experimentais foram determinados, assim como o efeito das interações entre os ingredientes principais.

Tabela 2. Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de néctar ou misturas-ternárias (polpa, açúcar e água) definidas pelo delineamento Simplex.

Formulações	Proporção dos Ingredientes			Pseudo-componente		
	Polpa	Açúcar	Água	Polpa (X_1)[1]	Açúcar (X_2)	Água (X_3)
N1 (A)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N1 (B)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N1 (C)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N2	0,55	0,05	0,4	0,714	0	0,286
N3	0,5	0,2	0,3	0,571	0,429	0
N4	0,3	0,2	0,5	0	0,429	0,571
N5	0,55	0,15	0,3	0,714	0,286	0
N6	0,3	0,05	0,65	0	0	1,0

[1]$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100%. A, B e C são repetições no ponto central.

4.5.1 Propriedades físicas e químicas dos néctares experimentais

A luminosidade foi determinada por meio de colorímetro (Hunter-Lab, Color Quest II, Reston, EUA), com os valores variando entre o zero (preto) e o cem (branco); a VA a 25°C na velocidade 50cP dos néctares de jambolão em viscosímetro (Brookfield, DV-II+, Middleboro, EUA), com *spindle* nº 2 (LV2); a AT por titulação com solução de NaOH 0,1N, segundo método nº 942.15 da AOAC (2006), expressa em concentração de ácido cítrico; e o teor de SST por refratometria, utilizando refratômetro digital (Reichert, R^2mini, New York, EUA), expresso em ºBrix, de acordo com o método nº 932.12, da AOAC (2006). Também calculou-se a relação SST/AT. As análises foram realizadas em triplicata.

4.5.2 Risco microbiológico e aceitação dos néctares experimentais

Foi realizado a contagem de coliformes a 35ºC foi realizada de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2001) nas formulações de néctares. A análise sensorial foi realizada somente após a realização da análise microbiológica.

Para obtenção da nota sensorial para aparência, cor, sabor, textura, odor e avaliação/impressão global utilizou-se escala hedônica de nove pontos (9 - gostei extremamente, 5 - nem gostei nem desgostei, e 1 - desgostei muitíssimo), e delineamento em blocos ao acaso (STONE; SIDEL, 2004). O nível de aceitação dos néctares de jambolão foi previamente estabelecido como escore médio maior que cinco (5) para todos os atributos

avaliados. Cinquenta consumidores adultos de ambos os sexos foram recrutados de acordo com o interesse em participar da pesquisa. O teste foi realizado em um laboratório de análise sensorial, em duas sessões, para evitar fadiga sensorial. Três amostras foram servidas aos provadores de forma monódica sequencial, em cabines individuais sob luz branca. Cada amostra foi servida em copos plásticos transparentes e foi oferecido água para eliminar o sabor residual.

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás (protocolo CAAE n° 25778613.0.0000.5083). Foram selecionados provadores que não haviam ingerido algum tipo de alimento antes da análise sensorial, e também foram excluídos os fumantes. Consumidores que possuem alergia a antocianinas, corante natural presente no fruto jambolão, e diabéticos não participaram da pesquisa.

O néctar selecionado na análise sensorial foi avaliado em relação a sua composição centesimal e de compostos bioativos (antocianinas, flavonóides, taninos condensados e hidrolisados, compostos fenólicos e atividade antioxidante).

4.5.3 Características químicas do néctar selecionado

A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante; as cinzas por incineração em mufla à 550ºC; o nitrogênio total foi obtido pelo método de Kjeldalh, considerando 6,25 como fator de conversão deste em proteína bruta; os lipídios foram extraídos com éter de petróleo pelo método Soxhlet; e as fibras alimentares solúvel e insolúvel pelo o método enzímico gravimétrico, todos recomendados pela AOAC (2010). Os açúcares redutores e os totais foram determinados pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância no espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível – Pharmacia, Cambridge, Inglaterra) a 540nm. Os carboidratos foram estimados por diferença. O valor calórico foi calculado por meio dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), que considera os carboidratos com 4,0kcal g^{-1}, os lipídeos 9,0kcal g^{-1} e a proteína 4,0kcal g^{-1}.

Os compostos fenólicos totais (CFT) foram determinados de acordo com o método proposto por Roesler et al. (2007). A amostra foi dissolvida em metanol P.A., a fim de se obter uma concentração de 0,5mg de sólidos mL^{-1}. Para reação colorimétrica, uma alíquota de 500µL da solução metanólica dos extratos com concentração de 5µL mL^{-1} foi adicionada a 2,5mL de solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau a 10g $100g^{-1}$, e 2,0mL de carbonato de sódio a 7,5g $100g^{-1}$. A mistura foi incubada durante 5min em banho-maria a 50°C para desenvolvimento de cor, e a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro (Ultrospec,

2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra) a 760nm, utilizando o branco da amostra como referência. A quantificação dos CFT da amostra foi realizada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e expressa em equivalente de ácido gálico $100g^{-1}$ (Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$).

O conteúdo de antocianinas foi estimado por espectrometria. Para a extração dos compostos antociânicos utilizou-se 1g de amostra, a qual foi adicionado 25mL de solução de etanol pH 1,0, incubando por uma hora a temperatura ambiente, e logo após efetuada a leitura no comprimento de onda de 520nm. Os resultados foram expressos em mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$ (BARCIA et al., 2012).

O teor de flavonóides totais (FT) foi determinado de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), através de reações da amostra com $NaNO_2$, $AlCl_3$ e NaOH, seguidas de leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra) a 510nm. A amostra foi diluída em água na concentração de $10\mu L\ mL^{-1}$, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, seguido de ultrassonicação a 10°C durante 30min. Posteriormente, foi diluída em diferentes concentrações. A quantificação dos FT da amostra foi obtida por meio de curva padrão preparada com catequina e expressa em Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$.

Os taninos hidrolisados (TH) foram estimados colorimétricamente (BRUNE; HALBERG; SKANBERG, 1991), e a leitura realizada em espectrofotômetro (Ultrospec 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 680nm, usando metanol para zerar o equipamento. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico de 1 a 140mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em Eq. $_{AG}$ em $100g^{-1}$. Os taninos condensados (TC) foram estimados colorimétricamente, segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), em que a quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de catequina entre 600 e 1200mg L^{-1}, e os resultados expressos em Eq. $_{CAT}$ 100 g^{-1}.

A atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1picrilhidrazila ($DPPH^{\bullet}$) foi realizado conforme o método proposto por Roesler et al. (2007), com algumas modificações. Uma solução de $DPPH^{\bullet}$ 0,004g $100g^{-1}$ (m v^{-1}), com intervalo de absorbância entre 0,8 e 1,2 a 517nm, foi preparada e estocada a 4°C em frascos de cor âmbar até o momento da análise. A amostra foi extraída em metanol na concentração de $10\mu L\ mL^{-1}$, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, ultrassônicada a 10°C durante 30min, diluída em diferentes concentrações, e incubadas durante 30min ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi adotado para o estabelecimento da curva padrão de Trolox e para preparação do branco (sem adição da amostra). O metanol foi utilizado para corrigir a linha de base. O percentual de decréscimo na absorbância foi medido pela concentração, e a capacidade de sequestrar radicais livres foi

calculada com base no decréscimo da absorbância observada, lida a 517nm em leitor de microplaca Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha), com auxílio do software de análise de dados MARS Data Analysis versão 1.3 e os resultados foram expressos em % de inibição e em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$.

A atividade antioxidante total foi determinada através do ensaio com $ABTS^{\bullet+}$, obtido pela reação de 5mL de ABTS (7Mm), com 88µl de persulfato de potássio 140mM (concentração final de 2,45mM), conforme método descrito por Re et al. (1999). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente por 12 a 16h em ausência de luz. Uma vez formado o $ABTS^{\bullet+}$, o mesmo foi diluído com água destilada até obter valor de absorbância de 0,7000±0,02 a 734nm e os resultados foram expressos em % de inibição e em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$.

O Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC foi realizado conforme o método descrito por Prior et al. (2003) e Dávalos; Gomes-Cordovés e Bartolomé (2004), com algumas modificações. Todos os reagentes e diluições das frações hidrofílicas e lipofílicas das amostras foram preparados no dia da análise, exceto o Trolox. Este foi solubilizado em etanol absoluto de modo a atingir concentração de 1500µM, aliquotado em microtubos e armazenado a -80°C até o momento de uso. As reações ocorreram em microplacas de poliestireno, específicas para reações de fluorescência, contendo 96 compartimentos. Todas as leituras foram realizadas em leitor de microplacas Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha) e os resultados foram expressos em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

4.5.4 Análise dos resultados

Modelos polinomiais foram ajustados a cada característica físico-química e estimou-se os respectivos coeficientes através dos modelos canônicos Scheffe para três componentes: modelos lineares e interações. Esses modelos foram sujeitos à análise de variância (ANOVA) para avaliar o nível de significância do efeito da concentração de cada componente da mistura sobre cada resposta, o coeficiente de determinação (R^2) e a falta de ajuste (FA). Para a obtenção do delineamento experimental, análise de dados e construção de gráficos foi utilizada o software Statistica 7.0 (Statsoft, versão 7.0, Tulsa, USA). As respostas físico-químicas determinadas foram conjuntamente otimizadas, usando a função multi-resposta ou a função desejabilidade. Para a seleção do néctar experimental de maior desejabilidade compararam-se os valores obtidos nas análises físicas e químicas com os de um padrão comercial (néctar de goiaba Dell Valle®); para L* desejou-se realçar a cor escura (menores valores), combinando com o fruto escolhido (cor roxa); enquanto para AT, SST, SST/AT, e VA a 25°C a 50rpm os maiores valores. Para o ensaio de validação dos modelos, utilizou-se a formulação de maior

desejabilidade. Confrontaram-se os resultados esperados com os observados, utilizando-se três repetições originais, e o néctar selecionado foi avaliado quanto à composição centesimal, CFT, FT, antocianinas, TH, TC e atividade antioxidante. As médias das notas sensoriais foram comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade, para verificar diferenças na aceitação dos néctares experimentais.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, J. R.; RIBEIRO, A.; SACRAMENTO, L. V. S.; FRANCO, S. L. Caracterização farmacognóstica do jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skeels). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, João Pessoa, v. 11, n. 1, p. 37 - 50, 2001.

AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOLMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, Ottawa, v. 34, n. 2-3, p. 237-246, 2001.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. Food composition, additives, natural contaminants, 18 ed., v.2, Gaithersburg: AOAC International, 2006.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysi**s. 18ª ed. 3ª rev. Washington DC USA, 2010, 1096p.

APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, DC: APHA, 2001, 676 p.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. The chemical composition of American food materials.Washington: Government Printing Office, 1896. 46p.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. *Syzygium cumini* (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Singapore, v. 2, n. 3, p. 240-246, 2012.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N.; de, B. In vitro study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 90, n. 4, p. 727-733, 2005.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil Alimentos**, São Paulo, v. 1, n. 18, p. 34-35, 2003.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R.Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, Shariah, v. 2, n.2, p. 129-138, 2012.
BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, Madison, v. 25, n. 4, p. 313-325, 2009.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**: design, innovation and discovery. Tornto: Wiley, 2005.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel** – Wissenschaft Technologie, Mysore, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 abr. 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/ portarias/379_99.htm>. Acesso em: 03 maio. 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, 2001. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, jan. 2001.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000, do Ministério da Agricultura**. Diário Oficial da União**, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

BRASIL. Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 abr. 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/ portarias/379_99.htm>. Acesso em: 05 out. 2014.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of iron-binding phenolic groups in foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 128-131, 1991.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Physical and chemical characterization of fruit pulps from amazonia and their correlation to free radical scavenger activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CAVALCANTI, R. N.; SANTOS, D. T.; MEIRELES, M. A. A. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems –An overview. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 2, p. 499-509, 2011.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Dietetic antioxidants: controversies and perspectives. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CROZIER, A. Classification and biosynthesis of plants and secondary products: na overview. In: GOLDBERG, G. (Ed). **Plants**: diet and health. Lowa: Blackwell Science for the British Nutrition Foundation, 2003, cap. 2, p. 27-48.

CROWE, F. L.; RODDAM, A. W.; KEY, T. J.; APPLEBY, P. N.; OVERVAD, K.; JAKOBSEN, M. U.; TJØNNELAND, A.; HANSEN, L.; BOEING, H.; WEIKERT, C.; LINSEISEN, J.; KAAKS, R.; TRICHOPOULOU, A.; MISIRLI, G.; LAGIOU, P.; SACERDOTE, C.; PALA, V.; PALLI, D.; TUMINO, R.; PANICO, S.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; BOER, J.; VAN, G. C. H.; BEULENS, J. W.; BARRICARTE, A.; RODRÍGUEZ, L.; LARRAÑAGA, N.; SÁNCHEZ, M. J.; TORMO, M. J.; BUCKLAND, G.; LUND, E.; HEDBLAD, B.; MELANDER, O.; JANSSON, J. H.; WENNBERG, P.; WAREHAM, N. J.; SLIMANI, N.; ROMIEU, I.; JENAB, M.; DANESH, J.; GALLO, V.; NORAT, T.; RIBOLI, E. Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart disease: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. **European Heart Journal**, London, v. 32, n. 10, p. 1235-1243, 2011.

CHAVES, M. C.; GOUVEIA, J. P. G.; LEITE C. A. Caracterização físico-química do suco de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 23-31, 2004.

CLARKE, C. **The science of ice cream**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. 187p.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 40, n. 3, p. 173-289, 2000.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 7, p. 1671-1701, 2011.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q.M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 14, p. 8.139-8.144, 2010.

FERRONATTO, R.; MARCHESAN, E. D.; BEDNARSKI, F.; ALENCAR, S. M.; ONOFRE, S. B. Antioxidant activity of the essential oils produced by *baccharis*

dracunculifolia d.c. and *baccharis uncinella* d.c. (asteraceae). **Arquivos de Ciências da Saúde Unipar**, Umuarama, v. 10, n. 2, p. 67-70, 2006.

FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W. G.; DUCATTI, C.; QUEIROZ, E. C.; PEREIRA, A. G. S. Physical-chemical analysis and legality in orange beverages. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara v. 21, n. 2, p. 267-272, 2010.

GAWLIK-DZIKI, U. Changes in the antioxidant activities of vegetables as a consequence of interactions between active compounds. **Journal of Functional Foods**, St. John's, v. 4, n. 4, p. 872-882, 2012.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 405-422, 2004.

GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGENDORFF, V.; CANSELL, M. Influence of formulacion on the structural networks in ice cream. **International of Dairy**, Barking, v. 15, n. 3, p. 255-262, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Restructured fruits of intermediate moisture from concentrated pineapple, mango and papaya pulps. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. C. **Free Radicals in Biology and Medicine**. 3ªed. Oxford, New York, 2000. 370p.

HERNÁNDEZ, I.; ALEGRE, L.; BREUSEGEM, F.V.; MUNNÉ-BOSCH, S. How relevant are flavonoids as antioxidants in plants?. **Trends in Plant Science,** Oxford, v. 14, n. 3, p. 125-132, 2009.

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. 1998. **Universal Software Versions** 3.5 and Above User's Manual. Virginia-EUA. 485 p.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

JACKMAN, R. L.; YADA, R. I.; TUNG, M. A. A review: Separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 11, v. 4, p. 279-308, 1987

JOSHIPURA, K. J.; HUNG, H. C.; LI, T. Y.; HU, F. B.; RIMM, E. B.; STAMPFER, M. J.; COLDITZ, G.; WILLETT, W. C. Intakes of fruits, vegetables and carbohydrate and the risk of CVD. **Public Health Nutrition**, Wallingford, v. 12, n. 1, p.115-121, 2009.

KATSUBE, N.; KEIKO, I.; TSUSHIDA, T.; YAMAKI, K.; KOBORI, M. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium mirtillus*) and the anthocyanins. **Journal of Agriculture Food Chemical**, London, v. 51, n. 1, p. 68-75, 2003.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 283-287, 2006.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. D. Production of jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly: processing, physical-chemical properties and sensory evaluation. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 95, n. 4, p. 644-652, 2006.

LIMA, L. A.; SIANI, A. C.; BRITO, F. A.; SAMPAIO, A. L. F.; OLIVEIRA, M. G. M.; R IEHL, H. C. A. S. Correlation of anti-inflammatory activity with phenolic content in the leaves of *Syzygium cumini* (L.) skeels (Myrtaceae). **Quimica Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 860-864, 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, SP: Computação gráfica Osmar Gomes, 2002, 357p.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. N. Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n. 3, p. 291-297, 2007.

MACHADO, P. P.; HOTZA, D.; PETTER, C.; BERGMANN, C. P. Controle de Qualidade para Revestimentos Cerâmicos através da Análise Colorimétrica de Superfície Vidrada Monocromática. **Cerâmica Industrial**, Blumenau, n. 2, v. 3, p. 51-55, 1997.

MALTA, L. G.; GHIRALDINI, F. G.; REIS, R.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, L. B.; PASTORE, G. M. *In vivo* analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, Ottawa, v. 49, n. 1, p. 604-611, 2012.

MARKAKIS, P. **Stability of anthocyanins in foods.** In: Anthocyanins as Food Colors, New: York: Academic Press Inc., 1982. p.163-178,.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S. I.; MARTÍNEZ-AVILA, G.; MONTANEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C. N.; TEXEIRA, J. A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.

MATTA, V. M.; FREIRE JUNIOR, M.; CABRAL, L. M. C. FURTADO, A. A. **Polpa de fruta congelada**. Agroindustrial Familiar. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 38 p.

MATTIETTO, R. A., LOPES, A. S., MENEZES, H. C. Physical and physicochemical characterization of caja fruit (*Spondias mombin* L.) and its pulp, obtained using two types of extractor. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 156–164, 2010.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Evaluation of acerola juice additions to pineapple juice for a high vitamin c blend. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MILLER, G. L. Use of dinitro salicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426 -428, 1959.

MONTEIRO, S. Fruta para beber: o caminho da industrialização é alternativa para melhor aproveitamento da matéria-prima e oportunidade para fruticultores obterem melhores ganhos financeiros. **Revista Frutas e Derivados**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 28-31, 2006.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUMPÇÃO, C. F.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (P*assiflora edulis* Sims) e ata (*Annona squamosa* L.). **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 389-393, 2009.

NIKI, E. Assessment of antioxidant capacity *in vitro* and *in vivo*. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 49, n. 4, p. 503-515, 2010.

NOVELLI, E. L. B. Radicais livres e estresse oxidativo. In:____. **Nutrição e vida saudável**. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2005. cap.6, p. 93-114.

OLIVEIRA, A.; SILVA, M.; SOBRAL, P.; OLIVEIRA, C.; HABITANTE, A. Physical properties of mixes to mangaba sherbet. **Pesquisa Agropecuária Brasileir**a, Brasília, v. 40, n. 6, p.581-586, 2005.
OLIVEIRA, F.; AKISUE, G. **Fundamentos de farmacobotânica**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 67 - 139.

OGA, Z. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 39-44.

ORIGIN. **Data Analysis and Techinical Graphics**. Programa Origin 6.0: Data Analysis and Techinical Graphics (software). Northampton, Micronal software incorporation, 1999.

OUDE GRIEP, L. M.; GELEIJNSE, J. M.; KROMHOUT, D.; OCKÉ, M. C.; VERSCHUREN, W. M. Raw and processed fruit and vegetable consumption and 10-year coronary heart disease incidence in a population-based cohort study in the Netherlands. **Plos One**, San Francisco, v. 5, n. 10, p. 1-6, 2010.

PEREIRA, G. G.; DE RESENDE, J. V.; DE ABREU, L. R.; DE OLIVEIRA, G. T. M.; PERRONE, I. T. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 232, n. 6, p. 1093-1102, 2011.

PIRILLO, C. P.; SABIO, R. P. 100% Suco – Nem tudo é suco nas bebidas de frutas. **Revista HortiFruti Brasil**, Piracicaba, p. 6-13, 2009.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER L. G. A. Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry,** Easton, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

QUEIROZ, H. G. S.; NETA, N. A. S.; PINTO, R. S.; RODRIGUES M. C. P.; COSTA, J. M. C. Evaluation of the physical-chemical and microbiological quality of tapioca ice cream. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 60-65, 2009.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cátion decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

REYNERTSON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B,; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: ILSI press, 2001.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUZA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Antioxidant activity of cerrado fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, E. M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **The Open Food Science Journal**, Sharjah v. 4, p.7-22, 2010.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Use of jatoba (*Hymenaea stigonocarpa* mart.) flour in the production of cookies and acceptance evaluation using univariate and multivariate sensory tests. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 18, n.1, p. 25-34, 1998.

SILVA, M. B. de; RAMOS, A. M. Chemical composition, texture and sensory acceptance of pulp banana marmalade and whole banana marmalade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 551-554, 2009.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; DOS SANTOS SANTANA, A.; KOBLITZ, M. G. B. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, 669-682, 2010.

SOARES, J. C. M.; COSTA, S. T. da; CECIM, M. Níveis glicêmicos e de colesterol em ratos com diabetes mellitus aloxano induzido, tratados com infusão de *Bauhinia candicans* ou *Syzygium jambolanum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 113-118, 2000.

STOCLET, J. C.; CHATAIGNEAU, T.; NDIAYE, M.; OAK, M. H.; EL BEDOUI, J.; CHATAIGNEA, U. M.; SCHINI-KERTH, V. B. Vascular protection by dietary polyphenols. **European Journal of Pharmacology**, Berlin, v. 500, n. 1, p. 299-313, 2004.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Elsevier. 2004. 658 p.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TOKER, O. S.; KARAMAN, S.; YUKSEL, F.; DOGAN, M.; KAYACIER, A.; YILMAZ, M.T. Temperature dependency of study, dynamic, and Creep-Recovery: Rheologial Properties of Ice Cream Mix. **Food and Bioprocess Technology**, Dublin, v. 6, p. 2974-2985, 2013.

VEIGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature,stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* Skeels. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 619-627, 2007.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. do.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E.R.B. Physical characterization of pequi fruits (caryocar brasiliense camb.) in goiás state. **Agricultural Researh in the Tropics**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.

VETRANI, C.; COSTABILE, G.; DI MARINO, L.; RIVELLESE, A. A. Nutrition and oxidative stress: a systematic review of human studies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 64, n. 3, p. 312-326, 2012.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Brazilian Journal of Clinical Nutrition**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In: EROLSTAD, R. E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, cap. 1.1, p. 111-118, 2002.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: the role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 10, p. 3135-3148, 2011.

WU, A. H.; BUTLER, L. M. Green tea and breast cancer. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v. 55, n. 6, p. 921-930, 2011.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

PARTE 2

5 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE FRUTOS, RENDIMENTO E QUALIDADE DE POLPA DE JAMBOLÃO

SOARES, J. C. Características morfológicas de frutos, rendimento e qualidade de polpa de jambolão. In:____. Aproveitamento Alimentar de jambolão. Parte 2, p. 63-84. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO*.

RESUMO

O Brasil tem a maior biodiversidade do mundo, destacando as espécies frutíferas, entretanto algumas ainda são pouco conhecidas, dentre estas o fruto jambolão. Os frutos são do tipo drupa, oblongo, envolvido por uma polpa carnosa e comestível. Trabalhos relacionados a descrição morfológicas tem a finalidade de ampliar o conhecimento sobre determinada espécie ou grupo vegetal, visando à identificação de plantas de uma determinada região, sob o aspecto ecológico. Portanto, objetivou-se, neste trabalho, obter informações sobre a variabilidade existente de frutos de jambolão, em cinco regiões da cidade de Goiânia-GO, sendo Região 1 (latitude 16°39'29,560'' S, longitude 49°11'51,752''W e altitude de 732,53m, direção Norte), Região 2 (latitude 16º43'43,032'' S, longitude 49º18'12,496''W e altitude de 817,95m, direção Sul), Região 3 (latitude 16°39'47,84''S, longitude 49°14'51,202'W' e altitude de 730,50m, direção Centro), Região 4 (latitude 16°41'30,808''S, longitude 49°13'53,393''W e altitude de 817,45m, direção Leste) e Região 5 (latitude 16°42'6,372''S, longitude 49°18'32,645''W e altitude de 787,74m, direção Oeste), nos meses de janeiro a março de 2014, avaliando as características morfológicas dos frutos e o rendimento e a qualidade física e química da polpa de jambolão. O dimensionado dos frutos foi realizado por paquímetro digital, o volume do fruto por deslocamento de água, e com a separação da polpa foi possível obter o dimensionamento das sementes, obtendo a espessura de polpa, rendimento manual e o rendimento em despolpadeira (mecânico). Nas polpas de jambolão realizou análises de cor, pH, AT, SST e SST/AT. Foi realizado correlação de Pearson entre as propriedades morfológicas para cada região e as propriedades físicas e químicas e cor nas polpas. A análise de correlação mostrou-se que quanto maior a massa do fruto maior serão esses parâmetros. Existem diferenças morfológicas entre as regiões estudadas, sendo que a região 4 se destacou quanto a massa, o volume, densidade dos frutos, rendimento de polpa, assim como em suas dimensões. As polpas de jambolão apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros de cor (L*, a*, b*, c* e H). As coordenadas de cor, que remetem a maturação e o conteúdo de antocianinas, também mostraram diferença significativa entre as regiões e superioridade das regiões 3 e 4. As propriedades físicas e químicas das regiões 2, 3 e 4 indicaram que essas se apresentaram mais maduras na época de colheita.

Palavras - chave: Características morfológicas, dimensionamento, rendimento, qualidade de polpa.

---

*Artigo a ser submetido. Comitê orientador: Márcio Caliari – UFG (orientador), Manoel Soares Soares Júnior – UFG (co-orientador).

FEATURES MORPHOLOGICAL FRUIT, INCOME AND JAMBOLAN PULP QUALITY

ABSTRACT

Brazil has the greatest biodiversity in the world, highlighting the fruit species, however some are still little known, among these the jambolan fruit. The fruits are drupe, oblong, surrounded by a fleshy, edible pulp. Work related to morphological description is intended to increase knowledge of species or plant group, in order to identify plants of a given region, from the ecological aspect. Therefore, the aim of this study, information on the variability of fruit jambolan in five regions of the city of Goiania-GO, and Region 1 (latitude 16°39'29.560" S, longitude 49°11'51.752" W and altitude of 732.53m, North direction), Region 2 (latitude 16º43'43.032" S, longitude of 49º18'12,496"W and altitude 817.95m, South direction), Region 3 (latitude 16°39'47.84”S, longitude 49°14'51.202”’W and altitude of 730.50m, direction Center), Region 4 (latitude 16°41'30.808"S, longitude 49°13'53.393"W and altitude of 817.45m, toward East) and Region 5 (latitude 16° 42'6.372 "S, longitude 49°18'32.645"W and altitude of 787.74m, direction West), in the months from January to March 2014, evaluating the morphological characteristics of the fruit and the yield and the physical and chemical quality pulp jambolan. The dimension of the fruit was performed by digital caliper, the result of the displacement of water by volume, and the separation of pulp sizing was possible to obtain seeds, obtaining thick pulp yield and manually removing device yield (mechanical). In the pulp jambolan held color analysis, pH, TA, TSS and TSS / TA. Was performed Pearson correlation between morphological properties for each region and the physical and chemical properties and color in the pulps. A correlation analysis showed that the greater the mass of the largest fruit are these parameters. There are morphological differences between the regions studied, and the region 4 stood out as the mass, volume, density of fruit, pulp yield, as well as its dimensions. The pulps jambolan showed significant differences for all color parameters (L *, a *, b *, c * and H). Color coordinates, which refer to maturation and content of anthocyanins, also showed significant differences between regions and superiority of the regions 3 and 4. The physical and chemical properties of the regions 2, 3 and 4 indicated that these were presented in more mature harvest time.

Keywords: Morphological characteristics, design, performance, correlation, pulp quality.

5.1 Introdução

O Brasil tem a maior biodiversidade em relação aos demais países, que inclui um grande número de espécies frutíferas (LETERME et al., 2006). Muitas destas frutas ainda são desconhecidas ou pouco conhecidas e, por conseguinte, são pouco encontradas comercialmente (MATTIETTO; LOPES; MENEZES, 2010). Dentre estes frutos, destaca-se o fruto jambolão (*Syzygium cumini* Lamark).

A árvore é de origem da Índia, no entanto é encontrado em todas as regiões do Brasil onde é utilizado pela beleza e pela característica de produção de sombra de boa qualidade. O fruto, assim como a árvore são conhecidos como jambolão.

O jambolão possui copa grande e densa com casca grossa marrom acinzentada. A madeira é esbranquiçada, oferece corantes marrons e uma espécie de kino. As folhas são coriáceas, ovais, oblonga a elíptica com 6-10cm de comprimento. Os frutos são do tipo drupa e oblongo 1,5 a 3,5cm de comprimento, possui uma única semente, envolvido por uma polpa carnosa e comestível. Sua coloração, inicialmente branca, torna-se vermelha e posteriormente roxa, quando maduros (LORENZI; MATOS, 2002). A cor escura (violeta) dos frutos maduros dá a impressão do fruto da oliveira, tanto em peso como em forma. O fruto tem uma combinação de doce, levemente amargo e sabor adstringente e tende a colorir a língua em coloração roxa (AYYANAR; BABU, 2012).

No Brasil, o hábito de consumo ainda é incipiente e quando ocorre é *in natura*. Entretanto, na Índia esta fruta é, geralmente, processada na forma de compotas, licores, vinhos, vinagres, geleias, geleiadas, tortas e doces (BANERJEE; DASGUPTA, 2005).

Os trabalhos relativos à descrição da morfologia de plântulas têm recebido atenção há algum tempo, seja como parte de estudos morfo-anatômicos ou com a finalidade de ampliar o conhecimento sobre determinada espécie ou grupo vegetal, visando à identificação de plantas de uma determinada região, sob o aspecto ecológico. Os frutos são avaliados pelo tamanho, medido através da circunferência ou diâmetro transversal, largura, peso e volume. Produtos com características semelhantes e padronizados são mais fáceis de ser manuseados em grandes quantidades, pois apresentam menores perdas, produção mais rápida e melhor qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em geral, a qualidade dos frutos é atribuída aos caracteres físicos, que respondem pela aparência externa, entre os quais se destacam o tamanho, a forma e a cor da casca. Para o processamento, o rendimento em polpa reflete quantitativamente a qualidade da matéria-prima. As características físicas e químicas são importantes para avaliação da qualidade, classificação

tecnológica do fruto, fornecendo informações seguras para avaliação do valor nutricional, do rendimento, das operações de processamento e da vida útil do produto (AUGUSTA et al., 2010). O tempo de colheita é determinado pela taxa de maturação, que incluem as características físicas e/ou químicas confirmadas por alterações visuais durante o amadurecimento da fruta (PIO et al., 2005).

Devido a maioria das frutas serem muito perecíveis, terem vida de prateleira pequena e sua comercialização ser dificultada pelo transporte, geralmente ocorrem grandes perdas pós-colheita que apresentam como alternativa a transformação dos frutos em polpas, com posterior congelamento. A polpa de fruta congelada é um produto que atende diversos segmentos do setor de alimentos, sendo utilizada no preparo de sucos, sorvetes, produtos de confeitaria e lácteos. Com as mudanças ocorridas no perfil dos consumidores tem havido uma expansão no mercado de polpas e consequentemente menor perda dos frutos na pós-colheita comercializado (MACHADO et al., 2007).

Nos processos de industrialização da polpa as características físicas, químicas e sensoriais desta deverão corresponder às do fruto de origem, obedecendo-se os limites máximos fixados para cada polpa de fruta, de acordo com as normas específicas (BRASIL, 2000). Portanto, para as indústrias, entre as características físicas e químicas importantes do fruto e da polpa devem-se ressaltar os teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis/acidez.

Partindo da hipótese de que na literatura não existem informações suficientes que caracterizam a variabilidade dos frutos de jambolão, assim como sua aplicabilidade, objetivou-se, neste trabalho, obter informações sobre a variabilidade existente de frutos de jambolão, em cinco regiões da cidade de Goiânia-Goiás, avaliando as características morfológicas dos frutos (propriedades físicas e dimensionamento dos frutos e das sementes), rendimento e qualidade físicas e química da polpa de jambolão.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Obtenção e caracterização física dos frutos

Os frutos de jambolão foram colhidos no estádio de maturação próprio para consumo, ou seja, frutos de caída, de árvores plantadas na cidade de Goiânia - GO na safra dos meses de Janeiro a Março de 2014. Para a colheita dos frutos foi necessário o balanço dos galhos, para a caída dos frutos maduros, sendo estes recolhidos em um tecido esticado e amarrado entre os galhos, evitando o contato do fruto com o solo. Para a coleta selecionaram-se 5 regiões da cidade de Goiânia–GO e as coordenadas geográficas de cada genótipo foram definidas pelo sistema GPS (*Global Position System*) com suas respectivas direções na cidade de Goiânia-GO, sendo Região 1 (latitude 16°39'29,560'' S, longitude 49°11'51,752''W e altitude de 732,53m, direção Norte), Região 2 (latitude 16º43'43,032'' S, longitude 49º18'12,496''W e altitude de 817,95m, direção Sul), Região 3 (latitude 16°39'47,84''S, longitude 49°14'51,202'W' e altitude de 730,50m, direção Centro), Região 4 (latitude 16°41'30,808''S, longitude 49°13'53,393''W e altitude de 817,45m, direção Leste) e Região 5 (latitude 16°42'6,372''S, longitude 49°18'32,645''W e altitude de 787,74m, direção Oeste).

Coletaram-se em média 20kg de frutos de cada região. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de 25x35 e colocados em caixas térmicas, sendo conduzidas à planta piloto de processamento de vegetais, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Após a seleção para eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, estes foram caracterizados por análises morfológicas e físicas. Para as análises morfológicas e físicas foram selecionados 60 frutos (60 repetições) de cada região.

O volume do fruto foi obtido por deslocamento de água em proveta (SILVA et al., 1998) e o peso do fruto inteiro foi registrado em balança digital de precisão (Shimadzy, modelo ay220) (VERA et al., 2005), sendo possível calcular a densidade do fruto (Equação 9). O comprimento ou altura dos frutos (H) e os diâmetros foram obtidos com o auxílio de um paquímetro digital na posição equatorial ou mediana do fruto, sendo D1 o diâmetro maior e D2 o diâmetro menor (Figura 6). Foi removido a semente do fruto através de extração manual com o auxílio de uma faca e assim foi possível calcular o peso da semente, obtendo o rendimento de polpa (Equação 10).

$$\text{Densidade do fruto } (\text{g ml}^{-1}) = \frac{\text{massa do fruto}}{\text{volume do fruto}} \quad (9)$$

$$\text{Rendimento de polpa} = \left(\frac{\text{massa do fruto} - \text{massa da semente}}{\text{massa do fruto}}\right) * 100 \quad (10)$$

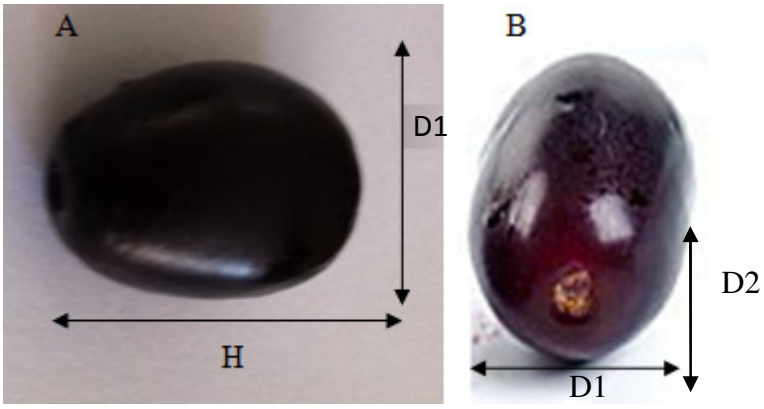


Figura 6. Comprimento ou altura (H) e diâmetros (D1 e D2) do fruto (Figura 6A e 6B).
Fonte: Arquivo Pessoal.

Com a separação da polpa da semente foi possível obter os dados do comprimento (h), diâmetro maior (d1) e diâmetro menor (d2) da semente (Figura 7), e assim foi possível obter a espessura de polpa (Equação 11), Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A análise de correlação de Pearson nas propriedades físicas e morfológicas dos frutos foi executada no aplicativo computacional R usando a função *cor* (R CORE TEAM, 2014).

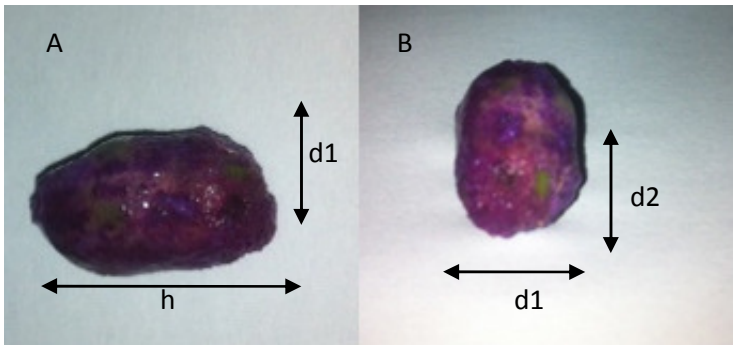


Figura 7. Comprimento ou altura (h) e diâmetros (d1 e d2) da semente (Figura 7A e 7B).
Fonte: Arquivo Pessoal.

$$\text{Espessura de polpa (mm)} = ((D1 - d1)/2) \quad (11)$$

Sendo D1 = diâmetro maior do fruto e d1= diâmetro maior da semente.

4.2.2 Caracterização física e química das polpas

Para as análises físicas e químicas das polpas das diferentes regiões, os demais frutos foram lavados em água corrente e em seguida foram higienizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}) durante 20min e secos a temperatura de 25ºC. O despolpamento foi realizado

em despolpadeira automática (Itametal, 025 DF A8, Itabuna, Brasil). Determinou-se o rendimento mecânico de polpa pela equação 4.

$$\text{Rendimento mecânico (\%)} = \left(\frac{\text{massa da polpa}}{\text{massa do fruto}}\right) * 100 \quad (12)$$

As polpas de cada região foram divididas em 4 lotes (4 repetições), em porções de 100g, em sacos plásticos de polietileno e armazenadas em freezer a -18ºC. As análises físicas e químicas foram realizadas em triplicata nas quatro repetições de cada região.

Para a análise de cor foram realizadas 8 leituras em cada polpa de cada repetição, utilizando um colorímetro, marca Hunter-Lab, no sistema Cielab (Comission Internationale d'Eclairage) (MACHADO et al. 1997; HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, 1998), no qual a coordenada L* expressa o grau de luminosidade da cor, a coordenada a* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde e a coordenada b* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo. Os valores a* e b* foram usados para calcular a coordenada c* (croma = $(a^2*+b^2*)^{1/2}$) e hue (graus) ($H = \text{tang}^{-1}(b*/a*)$).

Para as análises de pH e acidez total titulável, as polpas foram diluídas em 50mL de água destilada, para o teor de sólidos solúveis realizou leituras diretamente na polpa. A determinação de pH foi realizado com auxílio de um potenciômetro da marca MICRONAL mod. B-374, segundo método nº 981.12 da AOAC (2010). A acidez titulável (AT) expressa em ácido citríco foi realizada por titulação, segundo método nº 942.15 da AOAC (2010). Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados com auxílio de um refratômetro digital da marca LEICA, mod. AR200, segundo método nº 932.12 da AOAC (2010) e os resultados expressos em ºBrix e também foi calculado a relação sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e Discussão

As propriedades físicas (massa do fruto, volume do fruto e rendimento manual) apresentaram diferença significativa entre as regiões 1, 2, 3, 4 e 5 (Tabela 3) na cidade de Goiânia-GO, a massa das sementes das regiões 3 e 4 e 2 e 3 não diferiram significativamente entre si e os parâmetros de densidade do fruto e rendimento percentual mecanizado não apresentaram diferença significativa entre as regiões. As diferenças podem ser explicadas devido às suas características genéticas e climáticas de cada região a qual foram coletados os frutos.

Tabela 3. Média e desvio padrão das propriedades físicas (massa do fruto (M_F) (g), massa da semente (M_S) (g), volume do fruto (V_F) (mL), densidade do fruto (D_F) (g mL^{-1}), rendimento de polpa manual (RM) (%) e rendimento de polpa mecanizada (RMEC) (%)) em frutos de jambolão nas regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO.

	Região				
Propriedades Físicas	1	2	3	4	5
M_F	$3,33^d \pm 0,73$	$3,95^c \pm 0,72$	$5,06^b \pm 1,31$	$5,73^a \pm 1,35$	$3,29^d \pm 0,89$
M_S	$0,88^c \pm 0,32$	$1,04^b \pm 0,23$	$1,14^{ab} \pm 0,28$	$1,21^a \pm 0,27$	$0,73^d \pm 0,22$
V_F	$3,19^d \pm 0,75$	$3,75^c \pm 0,76$	$4,66^b \pm 1,28$	$5,73^a \pm 1,53$	$3,08^d \pm 0,87$
DF	$1,06 \pm 0,16$	$1,06 \pm 0,13$	$1,1064 \pm 0,2$	$1,04 \pm 0,20$	$1,08 \pm 0,14$
RM	$73,57^d \pm 7,82$	$74,02^c \pm 5,8$	$77,10^b \pm 4,2$	$78,27^a \pm 4,8$	$77,62^d \pm 4,0$
RMEC	41,0**	72,14**	68,93**	70,55**	43,68**

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **não houve repetição nos tratamentos.

Os frutos com maior massa fresca devem ser preferidos para industrialização, por apresentarem maior percentual de massa de polpa e, por conseguinte, maior rendimento no processamento (REBOUÇAS; GENTIL; FERREIRA, 2008). Os frutos da região 4 (Região Leste) apresentaram os maiores valores médios para as propriedades físicas, ou seja, quanto maior a massa do fruto maiores foram a massa da semente, o volume e o seu rendimento manual de polpa. Os dados foram similares aos encontrados por Soares et al. (2014), que avaliaram as propriedades físicas de frutos de jambolão de diferentes árvores na cidade de Goiânia-Go, a

qual a massa do fruto variou de 3,52 a 4,95g, a massa da semente de 1,02 a 1,43g e o volume do fruto de 3,67 a 4,93mL.

O rendimento percentual de polpa manual, incluindo a casca, variou de 73,57 a 78,27%, sendo 13,52% superiores aos encontrados por Lago, Gomes e Silva (2006) que trabalharam com frutos de jambolão na cidade de São José do Rio Preto-SP. O mesmo autor relata que a porção casca ou pele é inseparável da polpa e, então, essa parte da fruta foi considerada como componente da polpa, aumentando assim o seu percentual. O rendimento de polpa interfere na eficiência dos processos industriais para fabricação de doces, exigindo uma adequada classificação ou separação prévia dos frutos por tamanho ou massa.

Augusta et al. (2010) avaliando jambo vermelho concluiu que rendimentos de polpa em torno de 75,69% tornam os frutos apropriados para a industrialização. Como o rendimento do jambolão obtido neste estudo, situa-se na mesma faixa obtida para o jambo vermelho, pode-se afirmar que o jambolão possui característica de rendimento recomendados para processamento industrial.

O maior rendimento de polpa manual foi 9,86% superior ao maior valor encontrado para rendimento mecânico. O rendimento é uma característica própria de cada fruto e a comparação entre o rendimento manual e mecânico é válido para se pensar em alternativas tecnológicas para melhorar o despolpamento mecânico dos frutos. O rendimento de polpa manual foi realizado somente para verificar se o despolpamento mecânico é possível alcançar a máxima extração de polpa.

As dimensões dos frutos e das sementes de jambolão apresentaram diferença significativa, segundo teste de Tukey a 5% (Tabela 4). A região 4 apresentou os maiores valores médios para a diâmetro menor e maior dos frutos diferindo das demais. Para o comprimento dos frutos, diâmetro menor das sementes, comprimento das sementes, diâmetro maior das sementes e espessura de polpa, a região 4 não diferiu estatisticamente da região 3.

Portanto, as regiões 3 e 4 produziram frutos com maior potencial para o comércio de produtos *in natura*, o que pode estar relacionado as características genéticas das plantas, seu estádio de maturação ou ao ambiente onde foram produzidas. As frutas são organismos vivos e passam por uma série de transformações endógenos, durante o seu desenvolvimento como resultado do seu metabolismo.

O desenvolvimento do fruto é normalmente dividido em três fases: crescimento, maturação e senescência. O período de crescimento geralmente envolve a divisão celular, que é quando desenvolvimento físico do fruto acontece (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Na fase de desenvolvimento, o ambiente pode influenciar nas características físicas dos frutos. Sendo

assim, poderia deduzir que o ambiente das regiões 3 e 4 eram mais favoráveis que os das demais regiões.

Valores semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2014), onde comprimento das sementes (h) variaram de 21,33 a 25,34mm, comprimento das sementes de 15,28 a 17,76mm, diâmetro maior dos frutos de 15,58 a 17,70mm, diâmetro menor dos frutos de 15,34 a 17,37mm, diâmetro maior da semente de 8,51 a 9,51mm e espessura de polpa de 3,49 a 4,39mm.

Tabela 4. Média e desvio padrão das características morfológicas dos frutos (mm) e sementes de jambolão nas regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO.

	Região				
Dimensão	1	2	3	4	5
D2	$15,21^{c} \pm 1,37$	$15,93^{c} \pm 1,58$	$17,28^{b} \pm 1,73$	$18,38^{a} \pm 1,6$	$15,34^{c} \pm 1,51$
H	$21,61^{c} \pm 2,01$	$23,13^{b} \pm 2,36$	$26,75^{a} \pm 3,08$	$26,92^{a} \pm 2,3$	$21,33^{c} \pm 1,94$
D1	$15,34^{c} \pm 1,36$	$15,86^{c} \pm 1,31$	$17,51^{b} \pm 1,76$	$18,44^{a} \pm 1,5$	$15,48^{c} \pm 1,53$
d1	$7,84^{bc} \pm 1,0$	$8,16^{b} \pm 0,81$	$8,82^{a} \pm 0,94$	$8,61^{a} \pm 0,78$	$7,41^{c} \pm 0,92$
h	$15,49^{c} \pm 1,67$	$16,62^{b} \pm 1,66$	$17,85^{a} \pm 2,81$	$18,46^{a} \pm 2,3$	$14,79^{c} \pm 2,27$
d2	$8,07^{c} \pm 1,03$	$8,68^{b} \pm 0,82$	$9,20^{ab} \pm 0,90$	$9,22^{a} \pm 1,44$	$7,71^{c} \pm 0,90$
EP	$3,06^{b} \pm 0,71$	$3,25^{b} \pm 1,04$	$4,23^{a} \pm 2,1$	$4,23^{a} \pm 1,0$	$3,27^{b} \pm 0,68$

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Diâmetro menor do fruto (D2); comprimento do fruto (H); diâmetro maior do fruto (D1), diâmetro menor da semente (d2); comprimento da semente (h), diâmetro maior da semente (d1) e espessura de polpa (EP).

A média dos diâmetros maiores dos frutos variaram de 15,34 a 18,44mm, os diâmetros menores de 15,21 a 18,38mm e estão relacionados com o tamanho e a forma do fruto, caracterizando como oblongo enquanto a massa dos frutos variou de 3,29 a 5,73g e está relacionada com o rendimento de polpa. De acordo com o formato do fruto, este é classificado em dois grupos: oblongo, quando o diâmetro longitudinal é maior que o transversal, e redondo quando o diâmetro longitudinal é menor ou igual ao transversal (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004), sendo assim os frutos de jambolão podem ser classificados como oblongos (comprimento ou diâmetro longitudinal foi sempre maior que os diâmetros menor e maior), para Resende (2007) e Vallilo et al. (2005) essa informação é importante para o estabelecimento

do ponto de maturação, da viabilidade econômica para a industrialização, além do dimensionamento de embalagens.

Pode-se notar que quanto maior a massa, o volume, a densidade do fruto e o rendimento manual de polpa (Tabela 3) maiores foram as dimensões de diâmetros maior e menor, comprimento do fruto e espessura da polpa (Tabela 4). Essas variações podem ser decorrentes do fato de que são oriundos de diferentes plantas-mães (VILLACHICA et al., 1996; CARVALHO; MULLER, 2005). Soma-se a isso a segregação causada pela anomalia, comum nas frutíferas (CARVALHO; NAZARÉ; NASCIMENTO, 2003). Esta variabilidade revela a possibilidade de seleção de materiais promissores (MELCHIOR et al., 2006) e o alto potencial genético da espécie para a conservação de germoplasma e para a coleta de sementes (GUSMÃO et al., 2006).

Verificaram-se correlações significativas entre a maioria das características do fruto de jambolão, somente para a densidade não houve correlação com os parâmetros analisados (massa do fruto, diâmetro maior, menor e comprimento do fruto, diâmetro maior, menor e comprimento da semente, massa da semente e espessura de polpa) exceto para o volume de -0,36 (Apêndice A1). Negreiros et al. (2007) também observaram correlações significativas entre o diâmetro equatorial do fruto maior correlação com o peso do fruto do que com seu comprimento, indicando que a seleção de frutos, ainda no campo, pode ser feita a partir da medição do seu diâmetro sem a necessidade de pesa-los, facilitando o trabalho de seleção.

A análise de correlação mostrou-se fortemente positiva, acima de 80%, entre o diâmetro maior (D1), diâmetro menor (D2), comprimento (H1) e volume do fruto (V_F) com a massa do fruto (M_F), indicando que quanto maior a massa do fruto maior serão esses parâmetros. Como a massa do fruto é um parâmetro importante para o processamento, pode-se afirmar que frutos com maiores dimensão são mais apropriados para a industrialização.

A análise também demonstrou existir correlação acima de 70% entre diâmetro menor (D2), comprimento do fruto (H1), volume do fruto (V_F), massa da semente (M_S) e diâmetro maior da semente (d1) com o diâmetro maior do fruto (D1) e uma forte correlação, acima de 90% entre H1 e D2. Essa última correlação indica que o fruto cresce sempre de forma proporcional, confirmando que esse sempre terá o formato oblongo.

Para análise de correlação das propriedades físicas e dimensão dos frutos em cada região, verificou-se uma correlação positiva entre as massas dos frutos e a massa das sementes de 0,63; 0,61; 0,67; 0,50 e 0,82, para as regiões 1 a 5, respectivamente. Essas informações indicam existir uma relação entre as duas determinações, no entanto, existe variação de 0,5 a 0,82 desse parâmetro. Essa informação interfere diretamente no rendimento em polpa indicando

que a região 4 pode apresentar maior potencial para processamento industrial, por esta região apresentou os maiores valores médios para as propriedades físicas (Tabela 3) e suas dimensões (Tabela 4).

As polpas de jambolão apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros de cor (luminosidade, a*, b*, c* e H) (Tabela 5). Os menores valores médios para a luminosidade foram da região 5 não diferindo das regiões 3 e 4. Valores baixos de luminosidade indicam que a coordenada está mais próxima do tom de preto, que é confirmada pela cor característica dos frutos de jambolão que apresentam coloração entre roxa a azul, devido à presença de pigmentos de antocianinas (AYYANAR; BABU, 2012). Benherlal e Arumughan (2007) comprovaram a existência de elevados teores de antocianinas em frutos de jambolão no sul da Índia. Esses resultados sugerem que a polpa de jambolão possui forte potencial corante, com características desejáveis de solubilidade e estabilidade, estimulando a incorporação de extrato como aditivo natural para ser empregado em alimentos e em formulações farmacêuticas.

Tabela 5. Média e desvio padrão das coordenadas de cor L*, a*, b*, c* e H (graus) em polpa de jambolão das regiões1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO.

	Região				
Cor	1	2	3	4	5
L	$33,55^{ab} \pm 0,36$	$34,59^{a} \pm 0,77$	$33,02^{bc} \pm 0,49$	$32,99^{bc} \pm 0,90$	$31,46^{c} \pm 0,01$
a*	$9,21^{ab} \pm 0,43$	$9,66^{ab} \pm 0,55$	$8,80^{ab} \pm 0,46$	$10,49^{a} \pm 0,70$	$7,86^{b} \pm 0,01$
b*	$-4,23^{ab} \pm 0,33$	$-4,97^{b} \pm 0,18$	$-5,09^{b} \pm 0,21$	$-5,36^{b} \pm 0,26$	$-3,36^{a} \pm 0,0$
c*	$10,13^{a} \pm 1,43$	$10,86^{a} \pm 1,52$	$10,17^{a} \pm 0,88$	$11,78^{a} \pm 1,76$	$8,56^{b} \pm 0,01$
H	$359,57^{a} \pm 0,33$	$359,53^{b} \pm 1,22$	$359,48^{c} \pm 0,65$	$359,53^{b} \pm 1,37$	$359,60^{a} \pm 0,02$

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Luminosidade a e b* representam as coordenadas de cromaticidade (c*). Os parâmetros de cor foram convertidos em ângulo de cor, $H = \tan^{-1} b/a$, indicando o ângulo Hue (H) da amostra (0º ou 360º= vermelho; 90º= amarelo; 180º= verde; 270º= azul).

Valores similares de luminosidade (24,55) foram encontrados em mirtilo (*Vaccinium Myrtillus*), que são conhecidas pela quantidade de antocianinas presente em sua composição como fonte deste composto, para consumo *in natura* ou para utilização na indústria de alimentos ou farmacêutica. Todas as frutas ricas em compostos fenólicos, por exemplo, as antocianinas vêm despertando a atenção dos produtores e dos consumidores, principalmente após as notícias

divulgadas na mídia a respeito dos benefícios que essas proporcionam ao organismo, devido à presença de elevado teor de compostos fenólicos com poder antioxidante (EICHHOLZ, et al., 2011).

Pode-se afirmar que quando a coordenada a* é positiva, o fruto apresenta tom mais próximo do vermelho e quando negativa apresenta o tom mais próximo do verde. Os frutos da região 4 apresentaram os maiores valores para a coordenada a*, no entanto, esse não diferiu das regiões 1, 2 e 3. O aumento da coordenada a* é explicada pelo estádio de maturação do fruto, alterando o teor de pigmento de antocianina. O maior teor de antocianinas no estádio maduro é justificado pela síntese destes pigmentos devido à degradação da clorofila, que ocorre durante o seu amadurecimento, atingindo o valor máximo no fruto completamente maduro (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O rápido acúmulo destes pigmentos nos estádios finais de maturação proporciona uma aparência atrativa, característica da fruta madura. Os resultados obtidos nessa pesquisa indicam que a região 5 apresentava frutos mais verdes que as demais regiões avaliadas.

A coordenada b* quando negativa indica tom mais próximo do azul, característica de frutos que contém pigmento antociânicos. A região 4 apresentou o menor valor médio e não diferiu significativamente das regiões 1, 2 e 3, demonstrando tons mais próximos do azul devido a presença de antocianinas. Os resultados também agrupam as regiões 5 e 1 como as que apresentavam frutos com menos teores de antocianinas ou seja, menos maduros.

Os maiores resultados de croma (c*) indicam maior pureza ou intensidade da cor. Não foram verificadas diferenças significativas entre as regiões 1, 2, 3 e 4 indicando que os frutos destas regiões apresentam maior pureza de intensidade para a cor vermelho a azul, característico do fruto. Esses resultados confirmam os relatos de Severo et al. (2010) que concluíram que os frutos de jambolão (*Syzygium cumini,* Lamark), produzem frutos pequenos, de forma ovoide e que a coloração varia do verde, quando imaturo, ao roxo-azulado, quando maduro.

Os graus hue (H) variam de 0º a 360º e indicam a tonalidade da amostra onde 0º ou 360° possui tom vermelho; 90º amarelo; 180º o verde e 270º o azul. Todas as regiões apresentaram valores próximos à 360º, no entanto os maiores resultados foram encontrados para as regiões 5 e 1 seguida das regiões 2 e 4 e por último pela região 3. Valores que se distanciam de 360º indicam maior presença da tonalidade azul e apesar dos valores médios encontrados serem próximos a 360º, os menores valores da região 3 indicam que essa possui maior tonalidade azul que as demais. De forma geral pode-se afirmar que os frutos de jambolão possuem tonalidade vermelha-azulada e que essa é indicadora de que esses possuem antocianinas em sua composição. Para Aherne e O'Brien (2002) e Miranda (2000), frutos de jambolão apresentam

a coloração vermelha a azul e são fontes importantes de compostos fenólicos na dietas alimentares.

Barcia et al. (2012) estudaram frutas *in natura* de jambolão, cultivadas em Pelotas, Capão do Leão e Santa Vitória do Palmar no Rio Grande do Sul. As frutas de jambolão da cidade de Santa Vitória do Palmar apresentaram para a coordenada a* valores de 7,22 e para a coordenada b* de -12,29 e na cidade do Capão do Leão valores de a* de 8,41 e b* de -6,57. Os valores encontrados para a coordenada a* de Capão do Leão são inferiores em 4,43% da região 3 de Goiânia. Para Silva et al. (2011), pode-se associar as diferenças nos valores de a* e b* as possíveis variações climáticas, nutricionais do solo, ponto de colheita, estádio de maturação, entre outras, resultando em diferenças na quantidade de pigmento acumulados.

Em relação às propriedades físicas (pH, sólidos solúveis totais e sólidos solúveis totais em relação a acidez titulável) e químicas (acidez titulável) das polpas de jambolão, pode-se afirmar que houve diferenças significativas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6) entre as regiões estudadas. Para Carvalho, Damiani e Asquieri (2014), a composição varia de acordo com uma série de fatores, tais como a variedade, estágio de maturidade, fertilidade do solo, clima, práticas culturais, entre outros.

Tabela 6. Média e desvio padrão das características físicas e químicas (pH, acidez titulável (AT) (g $_{\text{ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$), sólidos solúveis totais (SST) (°Brix) e relação SST/AT em polpas de jambolão na região1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO.

	Regiões				
Análises	1	2	3	4	5
pH	$3,72^{c} \pm 0,03$	$3,81^{b} \pm 0,04$	$3,85^{a} \pm 0,01$	$3,80^{b} \pm 0,01$	$3,81^{b} \pm 0,0$
AT	$0,69^{a} \pm 0,0$	$0,49^{b} \pm 1,23$	$0,59^{ab} \pm 1,08$	$0,52^{b} \pm 0,69$	$0,53^{b} \pm 0,72$
STT	$11,18^{b} \pm 0,16$	$10,81^{b} \pm 0,12$	$12,08^{b} \pm 0,11$	$12,08^{b} \pm 0,10$	$14,12^{a} \pm 1,4$
SST/AT	$16,20^{c} \pm 0,01$	$22,23^{ab} \pm 21$	$20,76^{bc} \pm 0,13$	$23,47^{ab} \pm 0,13$	$26,71^{a} \pm 0,12$

*Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As médias dos pHs das polpas de jambolão variaram de 3,72 a 3,85, sendo que os maiores valores foram encontrados na região 3, seguida pelas regiões 2, 4 e 5 que não apresentaram diferença significativa entre si. Com o amadurecimento dos frutos, nota-se o aumento do pH devido a diminuição no teor de ácidos orgânicos, já que durante o

amadurecimento ocorre a degradação dos açúcares, conferindo frutos mais doces quando maduros (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os resultados desse estudo indicam que considerando o pH, a região com frutos mais maduros é a 3 e a mais verde é a 1. Arsego et al. (2003) mostraram que o pH da fruta *in natura* é importante na retenção de antocianinas, uma vez que em pH<3,0 estes compostos são mais estáveis frente a fatores que aceleram sua decomposição. Os pHs das polpas de jambolão das diferentes regiões foram superiores a 3 o que parece ser uma desvantagem para a retenção de antocianina nesse fruto.

A AT variou de 0,49 a 0,69g $_{\text{de ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$. As regiões 1 e 3 apresentaram os maiores valores médios, sendo que a região 3 não diferiu significativamente das demais regiões. A diferença entre as regiões pode estar relacionada a diversos fatores. Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que as variações existentes entre a composição dos frutos podem estar associadas à variabilidade do solo e clima, os quais influenciam diretamente na composição da fruta. Girardi e Rombaldi (2003) relataram que a acidez, para uma mesma cultivar, é influenciada por vários fatores, entre eles, nutrição mineral, condições climáticas, estádio de maturação e localização do fruto na planta, sendo também variável de ano para ano e entre as safras. Os ácidos orgânicos são um dos fatores importantes que influenciam o sabor da fruta. O metabolismo dos ácidos nos tecidos das frutas são muito interessantes do ponto de vista da fisiologia e do valor comercial. Os ácidos orgânicos normalmente se acumulam nas fases iniciais de desenvolvimento do fruto e são utilizados como substratos respiratórios durante o amadurecimento da fruta (ZHAO et al., 2007), sendo assim os frutos maduros apresentaram menor quantidade de ácidos orgânicos. Considerando essa afirmação pode-se concluir que as regiões 2, 3, 4 e 5 apresentaram frutos mais maduros quanto ao aspecto de acidez titulável. No processamento de sucos é interessante que os frutos possuam elevada acidez, visto que isso diminui a adição de acidificantes, porém quando consumidos *in natura* é interessante menor acidez (CAVICHIOLI, RUGGIERO; VOLPE, 2008).

Os SST presentes nas polpas de jambolão das diferentes regiões variaram de 10,81 a 14,12°Brix, sendo a região 5 apresentou os maiores valores e diferiu dos demais. Os sólidos solúveis totais atestam o grau de maturação das frutas (PAGANINI et al., 2004) e são utilizados para determinar o ponto ideal de colheita de frutos (JACQUES et al., 2010). No entanto, apesar do teor de sólidos solúveis indicarem o ponto de maturação dos frutos, deve-se considerar o potencial que a fruta possui para atingir grandes valores dessa medida. No caso desse estudo, apesar da região 5 apresentar maior valor para ºBrix, as demais avaliações indicaram que esse fruto não possuía a maior maturação, tendo assim potencial para atingir valores de ºBrix ainda maiores.

Lago, Gomes e Silva (2006), estudaram frutos de jambolão da cidade de São José do Rio Preto e encontraram valores de pH, acidez (expressa em % de ácido cítrico) e sólidos solúveis, de 3,90; 5,91 e 9,00, respectivamente, sendo estes 1,28% superior, 88,32% superior e 56,89% inferior, em relação aos maiores valores encontrados neste trabalho, respectivamente. Essa diferença certamente está relacionada às condições edafoclimáticas em que os frutos foram produzidos.

A relação sólidos solúveis totais/acidez titulável variou de 16,20 a 26,71. Os maiores valores foram encontrados para as regiões 2, 4 e 5. Embora a relação SST/AT tem maior utilidade na determinação de estádios de maturação, pois esta relação tende a aumentar com o avanço do estádio de maturação do fruto (ABREU et al., 2009), essa comparação seria mais importante dentro de uma mesma região, pois as diferenças estão ligadas ao potencial que os frutos tem, que não são válidas para considerar diferenças significativas.

5.4 Conclusão

Os resultados encontrados nas diferentes regiões da cidade de Goiânia permitiram concluir que:

Existem diferenças morfológicas entre as regiões estudadas, sendo que as região 4 se destacou quanto à massa, o volume, densidade dos frutos, rendimento de polpa, assim como em suas dimensões.

As coordenadas de cor, que remetem a maturação e o conteúdo de antocianinas, também mostraram diferença significativa entre as regiões e superioridade das regiões 3 e 4.

As propriedades físicas e químicas das regiões 2, 3 e 4 indicaram que essas se apresentaram mais maduras.

REFERÊNCIAS

ABREU, S. P. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, M. A. de F. Physical-chemical characteristics of five genotypes of yellow passion fruit cultived in Brasília. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 487-491, 2009.

AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietery flavonols: chemistry, food content, and, metabolism. **Nutrition**. New York, v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002

ARSEGO, J. L.; CAPEL, L. S.; MARASCHIN, R. P.; IANSSEN, C.; ABREU, M. F.; VENDRUSCULO, L. F.; PEDROTTI, Ê. L.; MARASCHIN, M. . Cinética da extração de antocianinas em frutos de framboesa (*Rubus idaeus*) e amora preta (*Rubus fructicosus*). In: XVI Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2002, Belém. In: **Anais** do XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2003.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official**. Analytical Chemistry. 18 ed. Washington: AOAC, v.1 e 2, 2010.

AUGUSTA, I. M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A.; COUTO, M. A. P. G. Physical and chemical characterization of malay red-apple (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry) Skin and pulp. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 928-932, 2010.

AYYANAR, M.; BABU, P. S. *Syzygium cumini* (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituentsand traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Haikou, v. 2, n. 3, p. 240-246, 2012.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N.; de. In vitro study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 90, n. 4, p. 727-733, 2005.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, Shariah, v. 2, n.2, p. 129-138, 2012.

BENHERLAL, P. S.; ARUMUGHAN, C. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on *Syzygium cumini* fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 14, p. 2560-2569, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 01, de 7 de janeiro de 2000. Aprova padrões de identidade e qualidade para polpas de frutas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 janeiro de 2000, seção 1, p. 54.

CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H. Caracterização física de frutos de matrizes selecionadas de bacurizeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2005, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio: UENP/UFRURAL, 2005. p. 379.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; NASCIMENTO, W. M. O. Physical and physicochemical characteristics of a bacuri (*Platonia insignis* Mart.) type with better industrial yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 326-328, 2003.

CARVALHO, V. S.; DAMIANI, C.; ASQUIERI, E. R. Evaluation of physical and chemical parameters of the Sapota (*Quararibea cordata* Vischer): A fruit of the Amazon Brazilian. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 2, p. 66-70, 2014.

CAVICHIOLI, J. C.; RUGGIERO, C. A. R. L. O. S.; VOLPE, C. A. Physical and chemical characteristics of yellow passion fruit submitted to the artificial lighting, irrigation and shade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 649-656, 2008.

CHITARRA, M. I. F, CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: UFLA, 2005,785p.

EICHHOLZ, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; KELLER, A.; ULRICH, D.; KROH, L. W.; ROHN, S. UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Food Chemistry**, Kidlington, v. 126, n. 1, p. 60-64, 2011

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E.N. Identity and quality standards of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh consumption. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 329-335, 2004.

GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Sistema de produção de pêssego de mesa na Região da Serra Gaúcha. Sistema de produção 3. Bento Gonçalves: **EMBRAPA** Uva e Vinho, 2003, p. 36-48.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F.A.; FONSECA JÚNIOR, E.M. Fruits and e endocarps biometry of murici (*byrsonima verb*ascifol a Rich. ex a Juss) **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. 1998. **Universal Software Versions** 3.5 and Above User's Manual. Virginia-EUA. 485 p.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T., ZAMBIAZI, R. C., CHIM, J. F. Stability of bioactive compounds in frozen pulp of blackberry (*rubus fruticosus*) cv. tupy. **Química Nova**, Campinas v. 33, n. 8, p. 1720-1725, 2010.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. D. Production of jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly: processing, physical-chemical properties and sensory evaluation. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 95, n. 4, p. 644–652, 2006.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** Nova Odessa, SP: Computação gráfica Osmar Gomes, 2002, 357p.

MACHADO, P. P.; HOTZA, D.; PETTER, C.; BERGMANN, C. P. Controle de Qualidade para Revestimentos Cerâmicos através da Análise Colorimétrica de Superfície Vidrada Monocromática. **Cerâmica Industrial**, Blumenau, n. 2, v. 3, p. 51-55, 1997.

MACHADO, S. S.; TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, C. S.; DE SOUZA, K.E.P. Characterization of frozen pulps of tropical fruits traded in the Reconcavo Baiano, Bahia State. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 158-163, 2007.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Physical and physicochemical characterization of caja fruit (Spondias mombin L.) and its pulp, obtained using two types of extractorBrazilian **Journal of Food Tchnolology**, Campinas, v. 13, n. 406, p. 156–164, 2010.

MELCHIOR, S. J.; CUSTÓDIO, C. C.; MARQUES, T. A.; MACHADO NETO, N. B. Harvesting and storage of gabiroba (*Campomanesia adamantium* Camb. – Myrtaceae) seeds and their implication in the germination. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 141-150, 2006.

MIRANDA, M. A. **Efeito de flavonóides na fosfoproteína tirosina fosfatase.** Mecanismos cinéticos e relações estrutura atividade. 2000. 154f. Dissertação (Mestrado em Biologia Funcional e Molecular), Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas-SP.

NEGREIROS, J. D. S.; ALVARES, V. D. S.; BRUCKNER, C. H.; MORGADO, M. A. D.; CRUZ, C. D. Relations among physical fruit traits and pulp content in yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 546-549, 2007.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Industrial fitness analysis of six apple cultivars, considering their physico-chemical evaluation. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, 2004.

PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J. Physical-Chemical characterization of surinam cherry fruits according to the disposition and height in the plant. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 105-107, 2005.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/.> Acesso em: 10 ago. 2014.

REBOUÇAS, E. R.; GENTIL, D. F. O.; FERREIRA, S. A. N. Physical characterization of fruits and seeds of costa rican guavas produced in manaus, amazonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 546-548, 2008.

RESENDE, J. M. **Revestimentos biodegradáveis para conservação do coco 'ANÃO VERDE'.** 2007. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

SEVERO, J.; DOS SANTOS, R. S.; CASARIL, J.; TIECHER, A.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Detannization and conservation of Jambolan fruit. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 976-982, 2010.

SOARES, J. C.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; DOURADO, K. K. F. Physical and chemical characterization in jambolan different fruit trees. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 25, n. especial, p. 650-654, 2014.

SILVA, J. A. A. D.; GRIZOTTO, R. K.; MIGUEL, F. B.; BÁRBARO, I. M. Physical and chemical characterization of fruits of dovyalis clones (*Dovyalis abyssinica* Warb). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n.spe., p .466-472, 2011.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Use of jatoba (*Hymenaea stigonocarpa* mart.) flour in the production of cookies and acceptance evaluation using univariate and multivariate sensory tests. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998.

VALLILO, M. I.; GARBELOTTI, M. L.; OLIVEIRA, E. de.; LAMARDO, L. D. A. Physical and chemical characteristics of cambucizeiro's fruits (campomanesia phaea). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 241-244, 2005.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. do.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E.R.B. Physical characterization of pequi fruits (caryocar brasiliense camb.) in goiás state. **Agricultural Researh in the Tropics**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H.; DIAZ, S. C.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promissorios de la Amazonia.** Lima: Tratado de Cooperaccion Amazonica, Secretaria Pro-tempore, 1996. p. 152-156.

ZHAO, Y. H.; LI, X. L.; JIANG, Z. S.; WANG, C. J.; YANG, F. L. Organic acid metabolism in nectarine fruit development under protected cultivation. **Chinese Journal of Eco Agriculture**, Tai'na, v. 15, n. 5, p. 87-89, 2007.

6 COMPOSTOS BIOATIVOS E VALOR NUTRICIONAL DE POLPA DE JAMBOLÃO

SOARES, J. C. Compostos bioativos e valor nutricional de polpa de jambolão. In:____. Aproveitamento Alimentar de jambolão. Parte 2, p. 85-105. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO*.

RESUMO

O jambolão é um fruto pertencente à família Myrtaceae, com coloração roxa-azulada devido à presença de antocianinas, que são reportadas como uso na medicina por constituírem de compostos bioativos, no entanto, estes frutos ainda são pouco explorados. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição centesimal e a presença de compostos bioativos em polpas de jambolão. Os frutos de jambolão foram colhidos no estádio de maturação próprio para consumo, de árvores plantadas em cinco diferentes regiões de Goiânia-GO. Após a seleção para padronizar e eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, estes foram lavados em água corrente e higienizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}, durante 20min) e mantidos à temperatura de 25ºC. Em seguida, os frutos foram despolpados em despolpadeira automática. As polpas foram analisadas quanto à composição centesimal e presença de compostos bioativos (antocianinas, taninos condensados, taninos hidrolisados, β-caroteno, licopeno, vitamina C, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante). A polpa de jambolão apresentou alta umidade (88,24 a 90,42g $100g^{-1}$) e baixo teor de lipídeos, resultando em baixo valor calórico. Pode-se observar que o jambolão é uma fonte em antocianinas (106,02 mg $100g^{-1}$) em comparação com o mirtilo (140mg $100g^{-1}$), sendo esta reconhecida por altos teores de antocianinas. Os teores de taninos condensados foram superiores aos dos taninos hidrolisados, influenciando positivamente no aspecto sensorial, já que resultou em uma menor adstringência. O total de carotenóides encontrado variou de 0,11 a 0,24μg g^{-1} e vitamina C (146,37mg $100g^{-1}$), sendo 3 vezes superior ao recomendado para a ingestão diária desta vitamina. Nas polpas de jambolão pode-se verificar alto teor de compostos fenólicos, que o extrato aquoso foi mais eficaz, que o extrato etanólico, na extração de compostos fenólicos que remetem a alta atividade antioxidante do fruto.

Palavras-chave: *Syzygium cumini*, Mirtaceae, compostos bioativos, antocianinas.

---

*Artigo a ser submetido. Comitê orientador: Márcio Caliari – UFG (orientador), Manoel Soares Soares Júnior – UFG (co-orientador).

BIOACTIVE COMPOUNDS AND NUTRITIONAL VALUE OF PULP JAMBOLAN

ABSTRACT

The jambolan is a fruit belonging to the Myrtaceae with purple-blue in color due to the presence of anthocyanins, which are reported to use in medicine because they constitute of bioactive compounds, however, these fruits are largely unexplored. Thus, this study aimed to evaluate the chemical composition and the presence of bioactive compounds in pulp jambolan. The fruits were harvested at jambolan own maturity stage for consumption, trees planted in five different regions of Goiânia-GO. After selecting to standardize and eliminate the damaged fruit, pests and diseases, these were washed in running water and cleaned in sodium hypochlorite solution (200 mg L^{-1} for 20min) and maintained at 25°C. Then the fruits were pulped in automatic removing device. The pulps were analyzed for chemical composition and presence of bioactive compounds (anthocyanins, condensed tannins, hydrolyzed tannins, β-carotene, lycopene, vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity). The pulp jambolan showed high humidity (88.24 to 90,42g $100g^{-1}$) and low in lipids, resulting in low calorie. It can be seen that the jambolan is a source of anthocyanins (106.02 mg 100 g^{-1}) compared to bilberry (140mg $100g^{-1}$), which is recognized by senior anthocyanins. The levels of condensed tannins were higher than the tannins hydrolysates, positively influencing the sensory aspect, since it resulted in a lower astringency. The total carotenoid found ranged from 0.11 to 0,24µg g^{-1} and vitamin C (146,37mg $100g^{-1}$), 3 times higher than recommended for daily itake of the vitamin. In the pulp jambolan can be seen high content of phenolic compounds, the aqueous extract was more effective, the ethanol extract, the extraction of phenolic compounds that refer to high antioxidant activity of fruit.

Keywords: *Syzygium cumini*, Mirtaceae, bioactive compounds, anthocyanins.

6.1 Introdução

O jambolão (*Syzygium cumini,* L.) é uma planta da família Myrtaceae, oriunda da Índia oriental (AYYANAR; SUBASH-BABU, 2012) encontrado principalmente na América e Austrália. As plantas desta família são ricas em óleos voláteis que são reportadas como uso na medicina devido à presença de compostos bioativos. Os frutos desta planta recebem a mesma denominação, apresentam coloração roxa-azulada, atualmente são pouco conhecidos e não são aproveitados comercialmente.

De acordo Mattietto et al. (2010), a caracterização de frutas exóticas ou não, tem atraído o interesse da comunidade científica. A caracterização física e química dos frutos e da quantificação dos seus componentes bioativos são importantes para a compreensão do seu valor nutritivo e para aumentar a qualidade e valor do produto final. Entre os compostos presentes em alimentos que possuem propriedades funcionais, substâncias com atividade antioxidante têm recebido atenção significativa, porque eles protegem o corpo humano contra o estresse oxidativo e previne de um grande número de doenças crônico-degenerativas (CANUTO et al., 2010; YAHIA, 2010). Antioxidantes naturais presentes em alimentos têm atraído interesse de pesquisadores devido à sua segurança e potencial efeitos nutricionais e terapêuticas (RUFINO et al., 2009). As frutas são uma fonte de compostos antioxidantes, tais como compostos fenólicos, vitaminas, carotenóides e minerais, que contribuem aos seus efeitos quimiopreventivos (ALMEIDA et al., 2011).

Frutas e hortaliças, além de fornecerem componentes importantes como ácido ascórbico, β-caroteno e ácido fólico, são fontes de compostos bioativos que desempenham funções básicas no organismo e estão diretamente associados à prevenção de doenças. A avaliação e determinação de polifenóis totais em frutas e hortaliças são essenciais para avaliar os alimentos-fonte de compostos bioativos e estimar sua ingestão pela população (FALLER; FIALLO, 2009). O consumo destes frutos tem sido associado a uma menor incidência e mortalidade por diversas doenças crônicas não-transmissíveis. A proteção que esses alimentos oferecem contra as enfermidades degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, está associado ao seu alto conteúdo de constituintes químicos com propriedades importantes, como as de antioxidantes (vitamina C, E, carotenóides e polifenóis) (HINNEBURG et al., 2006). Os polifenóis, juntamente com outros compostos redutores presentes na dieta humana, tais como vitamina C, vitamina E e carotenóides, protegem os

tecidos do corpo contra o estresse oxidativo e de patologias associadas com cânceres, doenças coronarianas e inflamações (TAPIERO, 2002).

Os compostos fenólicos podem ser classificados em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. Os flavonóides são os que apresentam a estrutura química descrita como C6-C3-C6. Os não flavonóides consistem em dois grupos, os derivados do ácido hidroxibenzóico e os derivados do ácido hidroxicinâmico (ANGELO; JORGE, 2007). Os flavonóides são um grupo de compostos fenólicos de propriedades benéficas à saúde humana, tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória, anti-tumoral e inibidora da agregação plaquetária. Ainda, a ingestão de flavonóides está associada com a longevidade e redução na incidência de doenças cardiovasculares (VOLP et al., 2008).

Os frutos, principalmente os que apresentam a coloração vermelha a azul, como por exemplo, o jambolão, são as fontes mais importantes de compostos fenólicos em dietas alimentares, dos quais se conhecem mais de 4000 estruturas com atividades biológicas (AHERNE; O'BRIEN, 2002; MIRANDA, 2000).

Entre as potenciais propriedades medicinais do jambolão, a maioria está correlacionada à atividade antioxidante, que é citada como decorrente da presença de compostos fenólicos já identificados, como é o caso de ácidos fenólicos, como o ácido elágico, os flavonoides, como a quercitina e a rutina, e antocianinas, como a delfinidina-3-glicosídeo, a petunidina-3-glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo (LIMA et al., 2007; VEIGAS et al., 2007; REYNERTSON et al., 2008).

Devido à utilização popular de folhas e frutos jambolão para auxiliar no tratamento de diabetes, as propriedades antioxidantes dos extratos de diferentes partes da planta foram avaliadas nos últimos anos. Por exemplo, o núcleo da semente dos frutos de jambolão mostraram alta atividade contra o ânion superóxido e o radical hidroxila, quando comparado com os padrões, como catequina e Trolox (BENHERLAL; ARUMUGHAN, 2007). Estes efeitos benéficos estão relacionados com a presença de compostos bioativos, tais como os carotenóides e os compostos fenólicos.

A quantificação do teor de compostos fenólicos agrega conhecimento científico sobre a composição nutricional dos alimentos e seus benefícios na prevenção de doenças, além de reforçar a importância do consumo. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição centesimal e a presença de compostos bioativos em polpas de jambolão.

6.2 Material e Métodos

Os frutos de jambolão foram colhidos no estádio de maturação próprio para consumo, ou seja, frutos de caída, de árvores plantadas na cidade de Goiânia - GO na safra dos meses de Janeiro a Março de 2014. Para a colheita dos frutos foi necessário o balanço dos galhos, para a caída dos frutos maduros, sendo estes recolhidos em um tecido esticado e amarrado entre os galhos, evitando o contato do fruto com o solo. Para a coleta selecionaram-se 5 regiões da cidade de Goiânia–GO e as coordenadas geográficas de cada genótipo foram definidas pelo sistema GPS (*Global Position System*) com suas respectivas direções dentro da cidade de Goiânia-GO, sendo Região 1 (latitude 16°39'29,560'' S, longitude 49°11'51,752''W e altitude de 732,53m, direção Norte), Região 2 (latitude 16º43'43,032'' S, longitude 49º18'12,496''W e altitude de 817,95m, direção Sul), Região 3 (latitude 16°39'47,84''S, longitude 49°14'51,202'W' e altitude de 730,50m, direção Centro), Região 4 (latitude 16°41'30,808''S, longitude 49°13'53,393''W e altitude de 817,45m, direção Leste) e Região 5 (latitude 16°42'6,372''S, longitude 49°18'32,645''W e altitude de 787,74m, direção Oeste).

Coletaram-se em média de 20kg de frutos *in natura* de diferentes árvores em cada região. Os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno e colocados em caixas térmicas, sendo conduzidos a planta piloto de vegetais, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás. Após a seleção para padronizar e eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, estes foram lavados em água corrente e higienizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}, durante 20min) e secos à temperatura de 25ºC.

Em seguida, os frutos foram despolpados em despolpadeira automática (Itametal, 025 DF A8, Itabuna, Brasil), sendo que as polpa de cada região foram dividas em 4 lotes (4 repetições) em sacos de polietileno, em pequenas porções de 100 g. As análises de composição centesimal e compostos bioativos foram realizadas nas 4 repetições e em triplicata. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.1 Composição centesimal

O teor de umidade foi determinado pela secagem em estufa entre 100 e 105ºC, até peso constante, segundo metodologia nº 932.12 proposta por AOAC (2006). A determinação das cinzas foi obtida por incineração em mufla à 550ºC, utilizando o método oficial 940.26 da AOAC (2006). O nitrogênio foi determinado pelo Método de Kjeldahl (1883), considerando-se 6,25 como fator de conversão para o cálculo de proteína bruta, segundo a metodologia nº

920.152 da AOAC (2006). A análise de lipídeos totais foi realizada pelo método de extração a quente, utilizando éter de petróleo pelo método Soxhlet (AOAC, 2006). O teor de carboidratos totais foi determinado por diferença (AOAC, 2006). O valor calórico foi calculado por meio da utilização dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), (carboidrato = 4,0kcal g^{-1}; lipídeos = 9,0kcal g^{-1}; proteínas = 4,0kcal g^{-1}). A determinação de fibra alimentar solúvel e insolúvel foi realizada utilizando o método oficial nº 992.16 da AOAC (2006) e Freitas et al. (2008). Açúcar redutor e total foi determinado pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância no espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 540nm.

6.2.2 Compostos bioativos

O conteúdo total de antocianinas foi estimado por espectrofotometria (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra). Para a extração dos compostos antociânicos utilizou-se um grama de amostra, as quais foram adicionados 25mL de solução de etanol pH 1,0, incubando-se por uma hora a temperatura ambiente, após foi efetuado a leitura no comprimento de onda de 520nm. Os resultados foram expressos em mg de $_{\text{cianidina-3-glicosídio}}$ 100 g^{-1} (BARCIA et al., 2012).

O conteúdo total de taninos condensados (TC) foi estimado colorimétricamente segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), com poucas adaptações. Para a extração dos taninos utilizará um grama de amostra, as quais serão adicionadas 50mL de metanol, agitando-se por 1h. Após filtração, foi retirado 1mL do extrato, e adicionado 5mL da solução vanilina 1:1 (vanilina 1% em metanol; ácido clorídrico 4% em metanol), deixando-se reagir por 15 min. e efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 500nm, usando metanol para zerar o equipamento (branco). A quantificação foi baseado no estabelecimento de uma curva padrão de catequina com 600 a 1200mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em g Eq. $_{\text{CAT}}$ 100g^{-1}. O conteúdo total de taninos hidrolisados (TH) foi estimado colorimétricamente segundo o método de Brune, Halberg e Skanberg (1991), com adaptações. Para a extração dos taninos se utilizou um grama de amostra, as quais foram adicionados 50mL de metanol, agitando-se por 10min seguido de repouso por 1h. Após filtração, foi retirado 2mL do extrato, e adicionado 8mL da solução FAS (89%: uréia:acetato 1:1; 10%: goma arábica 1% em água deionizada; e 1%: sulfato férrico de amônio 5% em ácido clorídrico 1M), deixando-se reagir por 15min. Após foi efetuado a leitura em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda 680nm (azul), usando metanol para zerar o equipamento (branco). A quantificação foi

baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico com 1 a 140mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em g Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$.

A determinação de carotenóides totais foi realizada segundo o método descrito por Rodriguez- Amaya (2001). Pesou-se um grama de polpa, acrescentando os solventes (10mL de etanol, 10mL de acetona e 20mL de hexano), colocando a mistura em tubos cobertos com folhas de alumínio e com tampa, armazenados em geladeira até total despigmentação. Após a despigmentação acrescentou-se (10mL de etanol, 10mL de acetona e 20mL de hexano) e procedeu a filtragem em filtro de papel. Acrescentou 50mL de água destilada, onde ocorreu a separação das fases, colocou-se o conteúdo em bureta e descartou-se a parte inferior. Na parte superior foi realizada a leitura a 503nm para licopeno e 450nm para β-caroteno.

O teor de ácido ascórbico foi obtido em 1g de polpa e após a extração e homogeneização, foi transferido para balão volumétrico de 100mL com auxílio de 50mL de ácido oxálico 0,5% e completado o volume com água destilada. Uma alíquota de 4mL de extrato foi colocado em erlenmeyer, completando o volume até 50mL com água destilada e titulado com DCFI (diclorofenol-indofenol) 0,02% até coloração rósea de acordo com Strohecker e Henning (1967).

Para as análises de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante foram preparados dois tipos de extratos, sendo um alcoólico e o outro aquoso. Pesou-se 2,5 g de amostra em um béquer coberto de papel alumínio e acrescentou 20mL de solvente (alcoólico ou aquoso) e agitou-se por uma hora. Filtrou-se com papel de filtro, e após filtrado, completou-se o volume para 20mL e armazenaram-se em frascos âmbar no freezer a -18ºC.

Os CFT foram determinados por espectrofotometria (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 750nm, utilizando o reagente Folin-Ciocalteau, e os dados foram expressos em mg Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$ (WATERHOUSE, 2002).

A determinação do potencial antioxidante foi realizada pelo método do DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995) com modificações (BORGUINI, 2009), sendo medido a % de descoloração (Equação 13) a 517nm, nos dois extratos (aquoso e etanólico) com concentração de 0,2mg mL^{-1} e a quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% (Equação 14).

$$\%\ \text{descoloração DPPH} = \left(1 - \left(\frac{\text{ABS da amostra} - \text{ABS branco da amostra}}{ABS\ branco\ ensaio\ DPPH}\right)\right) * 100 \quad (13)$$

$$\text{EC } 50 = \frac{50\% * 200\ \text{ug}}{\%\ \text{de descoloração}} \quad (14)$$

6.3 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados na composição centesimal da polpa de jambolão mostraram um perfil semelhante ao encontrado para frutas da família Myrtaceae. Pode-se notar que houve diferença significativa entre as regiões para a composição centesimal, exceto para o teor de lipídeos que não demonstrou diferença significativa entre as regiões (Tabela 7).

Tabela 7. Média e desvio padrão da composição centesimal (g $100g^{-1}$) e valor energético total (kcal 100 g^{-1}) da polpa de jambolão na Região1 (Norte); Região 2 (Sul); Região 3 (Centro); Região 4 (Leste) e Região 5 (Oeste) da cidade de Goiânia – GO.

	Regiões				
Composição Centesimal	1	2	3	4	5
Umidade	$88,24^{c}\pm0,22$	$89,34^{b}\pm0,09$	$88,53^{c}\pm0,45$	$90,42^{a}\pm0,26$	$86,23^{d}\pm0,19$
Cinza	$3,15^{a}\pm0,44$	$2,7^{ab}\pm0,24$	$2,44^{ab}\pm0,19$	$1,77^{c}\pm0,32$	$2,0^{bc}\pm0,16$
Proteína	$3,94^{b}\pm0,15$	$4,60^{a}\pm0,22$	$3,88^{b}\pm0,07$	$3,30^{c}\pm0,18$	$3,95^{b}\pm0,03$
Lipídeos	$0,22\pm0,09$	$0,36\pm0,06$	$0,19\pm0,05$	$0,30\pm0,14$	$0,26\pm0,04$
Açúcar redutor	$46,60^{c}\pm0,06$	$63,4^{a}\pm0,03$	$63,29^{a}\pm0,06$	$59,30^{b}\pm0,1$	$58,96^{b}\pm0,14$
Açúcar total	$62,52^{c}\pm0,03$	$71,14^{b}\pm0,1$	$77,99^{a}\pm0,03$	$73,18^{b}\pm0,0$	$75,56^{ab}\pm0,3$
Carboidratos	$92,37^{c}$	$92,23^{c}$	$93,39^{b}$	$94,55^{a}$	$93,70^{b}$
Fibra alimentar solúvel	$0,19^{a}\pm0,0$	$0,01^{e}\pm0,0$	$0,08^{b}\pm0,0$	$0,05^{c}\pm0,0$	$0,05\pm0,0^{d}$
Fibra alimentar Total	$0,32^{a}\pm0,0$	$0,12^{b}\pm0,0$	$0,10^{c}\pm0,0$	$0,08^{c}\pm0,0$	$0,09^{c}\pm0,0$
Valor Energético Total	$387,21^{c}$	$390,47^{b}$	$390,79^{b}$	$394,70^{a}$	$392,92^{ab}$

*Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade em base seca.

Em relação ao teor de umidade a região 4 apresentou o maior valor médio diferindo das demais, sendo que a região 1 e a região 3 não diferiram entre si. Para o teor de cinzas, a região 1 apresentou maior valor médio, não diferindo das regiões 2 e 3. Os maiores valores de cinzas indicam a presença de maiores teores de cálcio, magnésio, ferro, fósforo, sódio e outros componentes minerais. Os teores de proteína foram superiores na região 2, diferindo das demais regiões, porém as regiões 1, 3 e 5 não diferiram entre si.

Lago, Gomes e Silva (2006) estudaram jambolão da cidade de São José do Rio Preto-SP e relatam para o teor de umidade de 87,75g $100g^{-1}$, de cinzas 0,34g $100g^{-1}$, de proteínas de

0,67g $100g^{-1}$ e para lipídeos de 0,30g $100g^{-1}$. Esses valores foram 3,04%, 25,8%, 344% e 6,7% inferiores, respectivamente, aos valores médios encontrados neste estudo.

De acordo com ROCHA et al. (2008), frutas e hortaliças possuem baixas quantidades de lipídeos enquanto as oleaginosas apresentam maiores teores deste componente. Essa afirmação corrobora com os resultados encontrados nesse estudo.

Para as polpas de jambolão o teor de fibras alimentar total variou de 0,015 a 0,191g $100g^{-1}$, o de açúcar redutor de 46,60 a 63,41g $100g^{-1}$ e de açúcar total de 62,52 a 77,99g $100g^{-1}$. A região 1 apresentou o maior valor médio de fibra alimentar e diferiu significativamente dos demais. As variações do conteúdo de fibra dos frutos podem ser inerentes a diversos fatores, como: representatividade da amostra, condições ambientais, método analítico, entre outros. Moraes et al. (2007) avaliaram o teor de açúcar de variedades de mirtilo e observaram 31 a 45g $100g^{-1}$ de açúcar totais, sendo 42,30 a 60,25% inferior ao maior valor encontrado neste trabalho, respectivamente. A quantidade de açúcares detectada pode ser decorrente do teor de taninos presente na fruta, já que esse composto quando submetido à hidrólise libera compostos glicosilados (BARCIA et al., 2012). A diferença nos teores de açúcares (glicose e frutose) também tem sido explicada pela diferença de altitude e longitude de um mesmo cultivar (ZHENG et al., 2011), explicando assim a diferença entre as regiões analisadas.

O valor energético total (37,75 a 54,12kcal $100g^{-1}$ b.u.) (Apêndice B), foi semelhante à outros frutos, como a goiaba vermelha, maça, pêra e uva, as quais apresentam respectivamente, 54,0, 56,0, 53,0 e 53,0kcal $100g^{-1}$ b.u. Quando comparado com gabiroba (54,0kcal $100g^{-1}$), se observa uma certa similaridade com o jambolão, fato esse positivo, já que ambas pertencem à mesma família (Mirtáceas) (VALLILO et al., 2006).

O valor diário (VD) de referência segundo a RDC nº360 (BRASIL, 2003) para o valor energético (VE) é de 2000 kcal (8400 kj), enquanto que, para os carboidratos, proteínas, lipídeos e fibras, em base úmida, o VD é de 300g, 75g, 55g e 25g, respectivamente. Uma porção do fruto de jambolão *in natura* (100g), considerando a média dos maiores valores encontrados nas regiões, fornece 44,79 kcal, 10,67 g de carboidratos, 0,45g de proteína, 0,03g de gorduras e 0,02g de fibra alimentar (dados em base úmida). Sendo assim, o consumo de uma porção de 100g de jambolão ao dia supriria 3,56% de carboidratos, 0,6% de proteína, 0,05% de gordura e 0,08% de fibra, indicando o fruto para uso em dietas pobres em carboidratos, proteína, lipídeos e fibras.

Em relação aos compostos bioativos em polpas de jambolão, para os teores de antocianinas as regiões 2 e 3 diferiram da região 5 mas não diferiram significativamente da 1 e 4, sendo estas não diferiram significativamente da região 5 (Tabela 8). A diferença entre os

teores de antocianinas entre as diferentes regiões estudadas pode estar relacionada com as fases de crescimento e maturação da fruta (FASAWANG, ANPRUNG, 2014), já que frutos mais maduros aumentam a degradação da clorofila e o desprendimento/ síntese das antocianinas. Connor et al. (2002), observaram diferenças significativas no teor de antocianinas e atividade antioxidante entre as mesmas cultivares em locais diferentes e diferentes cultivares no mesmo local, também observaram diferença em termos de ano da colheita entre os mesmos, esses autores verificaram que os efeitos do genótipo foram mais fortes do que os efeitos ambientais nas características dos frutos. O maior conteúdo de antocianinas monomérico encontrado entre as regiões (122,5mg cianidina-3-glicosídeo 100g-1) em peso fresco, foi inferior aos encontrados por Benherlal e Arumughan (2007), para polpas de frutas jambolão, 134mg cianidina-3-glicosídeo $100g^{-1}$ (peso fresco).

A diferença da quantidade de antocianinas em polpas de jambolão pode ser pela exposição à luz e pH (ZANATTA et al., 2005) além no teor de ácido ascórbico que também pode ter influenciado nos diferentes teores de antocianinas. O ácido ascórbico e seus produtos podem acelerar a degradação das antocianinas (CAVALCANTI; SANTOS; MEIRELLES, 2011; SHIPP; ABDEL-AAL, 2010).

Tabela 8. Média e desvio padrão para antocianinas (mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$), taninos condensados (g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$), taninos hidrolisados (g Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$), β-caroteno (μg g^{-1}) e licopeno (μg g^{-1}) em polpa de jambolão na região1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO.

	Regiões				
Compostos bioativos	1	2	3	4	5
Antocianinas	$106,6^{ab}\pm7,27$	$122,5^{a}\pm10,11$	$116,5^{a}\pm8,3$	$100,6^{ab}\pm6,5$	$83,91^{b}\pm7,8$
Taninos Condensados	$26,30^{ab}\pm8,35$	$23,61^{ab}\pm5,73$	$17,85^{b}\pm2,26$	$20,59^{b}\pm1,67$	$33,73^{a}\pm7,60$
Taninos Hidrolisados	$0,04^{ab}\pm0,01$	$0,05^{ab}\pm0,01$	$0,03^{b}\pm0,00$	$0,04^{b}\pm0,01$	$0,06^{a}\pm0,0^{a}$
β-Caroteno	$0,02\pm0,01$	$0,03\pm0,02$	$0,09\pm0,02$	$0,04\pm0,05$	$0,09\pm0,08$
Licopeno	$0,09\pm0,04$	$0,08\pm0,02$	$0,11\pm0,04$	$0,12\pm0,03$	$0,15\pm0,11$

*Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Eq.$_{AG}$ = equivalente de ácido gálico; Eq. $_{CAT}$= equivalente de catequina.

Ao comparar o teor de antocianinas encontrados no jambolão com estudos específicos com outras frutas como mirtilo da variedade (*Powder blue*) cultivadas pelo método convencional (140mg $100g^{-1}$) (YOU et al., 2011), açaí (22,8mg $100g^{-1}$), morango (23,7mg

$100g^{-1}$) (KUSKOSKI et al., 2006) e camu-camu (30-54mg $100g^{-1}$), sendo este último pertencente à mesma família do jambolão (ZANATTA et al., 2005), observa-se que o jambolão é uma fruta rica em antocianinas e que se comparado com o mirtilo, fruta reconhecida por essa riqueza, pode também ser recomendada como fonte deste composto, para consumo *in natura* ou para utilização na indústria de alimentos ou farmacêutica. Todas as frutas ricas em compostos fenólicos, por exemplo, as antocianinas vêm despertando a atenção de produtores e de consumidores, devido à presença de elevado teor de compostos fenólicos com poder antioxidante (EICHHOLZ et al., 2011).

Os teores de taninos condensados e taninos hidrolisados apresentaram os maiores valores médios nas regiões 1, 2 e 5, que variaram de 0,04 a 0,06g Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$ e 23,61 a 33,73g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$, respectivamente. Migliato et al. (2007) relatam teores de taninos totais no jambolão de 4,2% na região Horto de Plantas Medicinais e Tóxicas da FCF/UNESP, em Araraquara – SP, valores considerados pelo autor relativamente baixos, quando comparados com outras plantas. Neste estudo, o somatório dos taninos hidrolisados e taninos condensados foram superiores aos relatados pelo autor, variaram de 17,88 a 33,79%.

Nos estudos de Barcia et al. (2012), o teor de taninos condensados do jambolão variaram de 14,38 a 35,41g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$ e para taninos hidrolisados de 0,48 a 2,15g Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$, observando que os teores de taninos condensados foram superiores aos dos taninos hidrolisados, fato também observado neste trabalho, influenciando positivamente no aspecto sensorial dos frutos, pois os taninos condensados possuem menor capacidade de complexação com proteínas do que os taninos hidrolisados, resultando assim em uma baixa adstringência. Além disso, os taninos possuem a propriedade de formar complexos com macromoléculas, como proteínas e polissacarídeos. Provavelmente essa complexação leve à formação de uma camada protetora na mucosa do estômago, tornando-a menos permeável e mais resistente a agressões químicas ou mecânicas (MELLO; SANTOS, 2004).

Entre os compostos fenólicos, os taninos são considerados como antinutricionais por causa do efeito adverso na digestibilidade da proteína. O conteúdo de taninos nas plantas pode variar de acordo com as condições climáticas e geográficas, maturação, dentre outros, e podem apresentar uma composição química variada, sendo muitas vezes, pouco conhecida. Na forma não oxidada, os taninos reagem com proteínas através de pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas. Quando oxidados, os taninos se transformam em quinonas, as quais formam ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas, principalmente os grupos sulfídricos da cisteína e ω-amino da lisina. A complexação dos taninos com as proteínas as tornam insolúveis e inativam as enzimas. Essa complexação é a principal base do efeito

biológico, é dependente do pH e envolve ligações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio. Além disso, se ligam a outras macromoléculas como o amido causando dessa maneira a redução no valor nutricional dos alimentos (GUZMÁN-MALDONADO; ACOSTA-GALLEGOS; PAREDES-LÓPEZ, 2000).

O teor de β-caroteno e licopeno das polpas de jambolão, não demonstraram diferença significativa entre as regiões da cidade de Goiânia-GO. O total de carotenóides encontrado neste trabalho variou de 0,11 a 0,24μg g^{-1} e de ácido ascórbico de 146,37mg $100g^{-1}$, sendo que este último não variou seu teor entre as regiões estudadas, devido a metodologia de titulação empregada para determinação de vitamina C, já que foi verificado o mesmo ponto de viragem para todas as regiões. Santos et al. (2008), estudando açaí, fruto considerado rico em β -caroteno e licopeno, encontraram menores valores médios de 0,21mg $100g^{-1}$ para carotenóides e 5,64mg $100g^{-1}$ para ácido ascórbico, valores 88,57% superior para carotenóides e 96,14% inferior para ácido ascórbico em relação aos maiores valores médios encontrados neste trabalho. Abe, Lajolo e Genoves (2012) avaliaram o teor de ácido ascórbico em cambuci, goiaba vermelha e branca, jabuticaba, camu-camu, pitangueira, grumixama, romã, framboesa preta e morango, porém não foram encontrados vitamina C nos frutos cambuci e romã. A polpa de jambolão apresentou valores de 52,17; 2,98; 82,90; 85; 86; 97; 56% superior do que nos frutos goiaba vermelha e branca, jabuticaba, pitangueira, grumixama, framboesa preta e morango, respectivamente, porém apresentou-se 63% inferior que o fruto camu-camu, pertencente também a família Myrtaceae. A diferença no teor de vitamina C pode ser afetada pela alta incidência de radiação solar e de excesso de potássio no solo que podem aumentar o teor de ácido ascórbico, e excesso de nitrogênio e fósforo que podem diminuir esses teores (LEE, KADER, 2000). No Brasil, em geral, o Índice Diário Recomendado (IDR) de vitamina C é de 45mg para adultos (BRASIL, 2005), portanto uma porção de 100g de jambolão supre 3,25 vezes da necessidade diária de vitamina C, podendo esse ser considerado fonte dessa vitamina.

A riqueza de nutrientes é um dos principais fatores que conduzem ao interesse crescente pelo consumo de frutas e dos seus produtos, podendo reduzir o risco de surgimento de várias enfermidades, como as doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (CROWE et al., 2011; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Esse efeito protetor é atribuído à variedade de substâncias antioxidantes presentes nas frutas, como algumas vitaminas (vitaminas C e E), compostos fenólicos (flavonóides) e carotenoides (β- caroteno) (GAWLIK-DZIKI, 2012; VETRANI et al., 2012), portanto a ingestão de jambolão pode ser recomendada no ponto de vista nutricional e funcional.

Para os valores de atividade antioxidante e os fenólicos totais, somente o teor de compostos fenólicos totais em extrato aquoso e a % de descoloração em extrato etanólico demonstraram diferença significativa entre as regiões da cidade de Goiânia-GO (Tabela 9).

Tabela 9. Média e desvio padrão dos compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante em polpa de jambolão de diferentes regiões, região 1 (Norte); região 2 (Sul); região 3 (Centro); região 4 (Leste) e região 5 (Oeste) na cidade de Goiânia – GO.

Região	Extrato Aquoso			Extrato Etanólico		
	EC_{50}	%	CFT	EC_{50}	%	CFT
1	756,94±10,1	13,75±2,4	183,41^{c}±5,74	1117,0±10,2	10,34^{a}±2,46	180,88±15,8
2	954,51±8,1	11,78±1,5	192,37^{bc}±10,12	750,99±9,81	13,66^{ab}±2,25	195,46±9,22
3	841,63±7,3	12,10±1,3	214,15^{ab}±15,05	639,03±8,70	15,99^{a}±2,12	150,73±2,53
4	639,58±9,2	17,20±4,8	162,63^{c}±9,48	834,39±8,67	12,43^{ab}±1,60	161,42±3,21
5	924,36±8,0	13,69±6,1	223,42^{a}±2,75	1138,4±9,12	10,58^{b}±1,63	172,93±8,80

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fenólicos totais (mg Eq. $_{AG}$ 100g $^{-1}$). **Eq. $_{AG}$= equivalente a ácido gálico.

Os teores de compostos fenólicos totais no extrato aquoso variaram de 183,41 a 223,42 mg Eq. $_{AG}$ 100g^{-1}, sendo que a região 5 apresentou o maior valor médio e não diferiu significativamente da região 3. Para o extrato etanólico variaram de 150,73 a 195,46mg Eq. $_{AG}$ 100g^{-1} e não apresentaram diferença significativa entre as regiões estudadas. Nas polpas de jambolão pode-se verificar que o extrato aquoso foi mais eficaz, que o extrato etanólico, na extração de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante (EC 50) Para os compostos fenólicos, o maior valor encontrado no extrato aquoso foi 12,51% superior ao maior valor encontrado no extrato etanólico, o mesmo efeito foi observado para a atividade antioxidantes sendo 7,03% superior o extrato aquoso ao maior valor encontrado no extrato etanólico, portanto maiores teores de compostos fenólicos, maior a capacidade antioxidante. Estes dados podem ser explicados, pois segundo Mahattanatawee et al. (2005), o coeficiente de correlação entre o DPPH e fenóis totais é de 0,96.

Faria, Marques e Mercadante (2011) avaliaram o teor de compostos bioativos presentes no fruto jambolão e no seu extrato funcional e encontraram teores de CFT de 148,3 e 86,3mg Eq. $_{AG}$ 100g^{-1}, respectivamente, sendo 1,61 e 42,75% inferiores ao maior valor encontrado neste trabalho (150,73mg Eq. $_{AG}$ 100g^{-1}). Houve pequena diferença entre os frutos analisados pelo autor e pela presente pesquisa (1,61%), porém os compostos bioativos se apresentaram em

menor concentração no seu extrato funcional. O autor explica que esta diferença pode ser atribuída a dois fatores: primeiro é que pode estar relacionada com a extração exaustiva com o solvente mais apropriado, a fim de quantificar cada composto na fruta. O segundo fator está relacionado com a capacidade de extração de etanol que foi acidificada com 5% de H_3PO_4 utilizado para obter o extrato funcional. Este solvente tem um carácter polar e, consequentemente, proporciona uma extração pior dos compostos apolares, tais como os carotenóides. Além disso, o etanol é menos eficiente do que o metanol/água para a extração de compostos fenólicos não antocianínicos, e a utilização de ácido fosfórico como agente de acidificação é menos eficaz para a extração de antocianina, em comparação com o ácido clorídrico.

Aaby, Grimmer e Holtung (2013) avaliaram o teor de CFT em mirtilo (*Vaccinium myrtillus,* L.) e obteveram 564mg Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$, sendo 60,4% superiores ao maior valor encontrado neste trabalho. A diferença de compostos fenólicos em diferentes tipos de frutas pode ser explicada pela sua natureza química dos compostos bioativos, que varia desde simples para substâncias altamente polimerizados, que incluem diferentes proporções de ácidos fenólicos, antocianinas, taninos e entre outros. Eles também podem existir em um estado complexo com os hidratos de carbono, proteínas, ácidos orgânicos, e outros componentes das plantas, formando compostos fenólicos de alto peso molecular (taninos) e os seus complexos são geralmente insolúveis (CÔTÉ et al., 2010). Portanto, extratos fenólicos obtidos a partir dos frutos da matriz e matérias-primas vegetais são sempre uma mistura de diferentes classes de compostos fenólicos que irão depender do sistema de solvente utilizado para a extração (LASHBROOKE et al., 2010). A região 5 apresentou os maiores valores para a atividade antioxidante, diferindo das demais regiões e a região 3 apresentou o maior percentual de descoloração também diferindo das demais significativamente.

Hwang et al. (2014) avaliou a atividade antioxidante de mirtilo cultivado na Coréia e observou 40,6% de descoloração em extrato com concentração de 500µg mL^{-1} (0,5mg mL^{-1}), sendo 66,26 a 68,97% inferior aos valores médios para o extrato etanólico e aquoso, respectivamente , indicando baixa capacidade antioxidante no tempo de 20min em relação ao mirtilo, já que a concentração dos extratos de jambolão estavam mais concentrados e portanto deveriam apresentar maior % de descoloração. A atividade antioxidante dos fenóis também é afetada pela sua estrutura química dependendo do grupo ligado a uma aglicona de base. A presença de glicosídeos ligados a agliconas de flavonóides, tais como flavonol ou antocianina, diminui a atividade antioxidante dos flavonóides, interferindo polaridade e assim diminui a atividade antioxidante dos flavonóides (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002).

6.4 Conclusão

Os resultados encontrados para a composição centesimal e compostos bioativos nas polpas de jambolão de diferentes regiões da cidade de Goiânia permitiram concluir que:

As polpas de jambolão apresentam alta umidade e baixo valor energético;

As polpas dos frutos de jambolão se destacaram como fonte de antocianinas e vitamina C, sendo que o teor deste antocianinas remetem o grau de maturação das frutas, destacando as regiões 2 e 3;

As polpas de jambolão contêm alta concentração de compostos fenólicos e elevada capacidade antioxidante, e o conteúdo de compostos fenólicos está fortemente associado com o tipo de solvente utilizado para a extração deste componente.

REFERÊNCIAS

AABY, K.; GRIMMER, S.; HOLTUNG, L. Extraction of phenolic compounds from bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) press residue: Effects on phenolic composition and cell proliferation. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 257-264, 2013.

ABE, L. T.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Potential dietary sources of ellagic acid and other antioxidants among fruits consumed in Brazil: Jabuticaba (Myrciaria jaboticaba (Vell.) Berg). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, n. 8, p. 1679-1687, 2012.

AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietery flavonols: chemistry, food content, and, metabolism. **Nutrition**, New York, v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUZA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M. P.; MAGALHÃES, C. E. D. C.; MAIA, G. A. M.; de LEMES, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. Food composition, additives, natural contaminants, 18 ed., v.2, Gaithersburg: AOAC International, 2006.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. The chemical composition of American food materials. Washington: Government Printing Office, 1896. 46p.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. *Syzygium cumini* (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Singapore, v. 2, n. 3, p. 240-246, 2012.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, Saif Zone, v. 2, n.2, p. 129-138, 2012.

BENHERLAL, P. S.; ARUMUGHAN, C. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on *Syzygium cumini* fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 14, p. 2560-2569, 2007.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, Madison, v. 25, n. 4, p. 313-325, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Resolução RDC nº. 360, de dezembro de 2003b. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel** – Wissenschaft Technologie, Mysore, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of Iron-binding Phenolic groups in Foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.1, p.128-131, 1991.

CANUTO, G. A.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Physical and chemical characterization of fruit pulps from amazonia and their correlation to free radical scavenger activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196–1205, 2010.

CAVALCANTI, R. N.; DIEGO, T. S.; MARIA ANGELA, A. M.. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 2, p. 499-509, 2011.

CONNOR, A.M.; LUBY, J. J.; HANCOCK, J. F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E. J. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 4, p. 893-898, 2002.

CÔTÉ, J.; CAILLET, S.; DOYON, G.; SYLVAIN, J. F.; LACROIX, M. Analyzing cranberry bioactive compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.50, n.9, p.872–888, 2010.

CROWE, F. L.; RODDAM, A. W.; KEY, T. J.; APPLEBY, P. N.; OVERVAD, K.; JAKOBSEN, M. U.; TJØNNELAND, A.; HANSEN, L.; BOEING, H.; WEIKERT, C.; LINSEISEN, J.; KAAKS, R.; TRICHOPOULOU, A.; MISIRLI, G.; LAGIOU, P.; SACERDOTE, C.; PALA, V.; PALLI, D.; TUMINO, R.; PANICO, S.; BUENO-DEMESQUITA, H. B.; BOER, J.; VAN, G. C. H.; BEULENS, J. W.; BARRICARTE, A.;

RODRÍGUEZ, L.; LARRAÑAGA, N.; SÁNCHEZ, M. J.; TORMO, M. J.; BUCKLAND, G.; LUND, E.; HEDBLAD, B.; MELANDER, O.; JANSSON, J. H.; WENNBERG, P.; WAREHAM, N. J.; SLIMANI, N.; ROMIEU, I.; JENAB, M.; DANESH, J.; GALLO, V.; NORAT, T.; RIBOLI, E. Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart disease: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. **European Heart Journal**, London, v. 32, n. 10, p. 1235-1243, 2011.

EICHHOLZ, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; KELLER, A.; ULRICH, D.; KROH, L. W.; ROHN, S. UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Food Chemistry**, Amsterdam, v.126, n.1, p.60-64, 2011.

FALLER, A.; FIALHO, E. Polyphenol availability in fruits and vegetables consumed in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 2, n. 43, p. 211-218, 2009.

FARIA, A. F.; MARQUES, M. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification of bioactive compounds from jambolão (*Syzygium cumini*) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 4, p. 1571-1578, 2011.

FASAWANG, N.; ANPRUNG, P. Antioxidant and Prebiotic Activity of Enzymatically Hydrolyzed Lychee Fruit Pulp. **Food Technology and Biotechnology,** Zagreb, v. 52, n. 3, p. 300-306, 2014.

FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; CARVALHO, P. G. B.; TUPINAMBÁ, D. D.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V.; MOURA, C. F. H. Procedimento operacional padrão para determinação de fibras solúvel e insolúvel. **Documentos/Embrapa Agroindústria de Alimentos,** Rio de Janeiro, p. 28, 2008.

GAWLIK-DZIKI, U. Changes in the antioxidant activities of vegetables as a consequence of interactions between active compounds. **Journal of Functional Foods**, St. John's, v. 4, n. 4, p. 872-882, 2012.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDESLÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weed common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 13, p. 1874-81, 2000.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **The Journal of nutritional biochemistry**, Stoneham, v. 3, n. 10, p. 572-584, 2002.

HINNEBURG, I; DAMIEN,H. J; RAIMO H. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 122-129, 2006.

HWANG, S.J.; YOON, W.B.; LEE, O.H.; CHA, S.J.; KIM, J.D. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 146, n. 1, p. 71-77, 2014.
KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; MORALES, M.T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006.

KJELDAHL, J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschreft fur Analytische Chemie**, München, v. 22, p. 366, 1883.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Production of jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly: processing, physical-chemical properties and sensory evaluation. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LASHBROOKE, J. G.; YOUNG, P. R.; STREVER, A. E.; STANDER, C. C.; VIVIER, M. A. The development of a method for the extraction of carotenoids and chlorophylls from grapevine leaves and berries for HPLC profiling. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Malden, v. 16, n. 2, p. 349-360, 2010.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest biology and technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LIMA, L. A.; SIANI, A. C.; BRITO, F. A.; SAMPAIO, A. L. F.; OLIVEIRA, M. G. M.; R IEHL, H. C. A. S. Correlation of anti-inflammatory activity with phenolic content in the leaves of *Syzygium cumini* (L.) skeels (Myrtaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 860-864, 2007.

MAHATTANATAWEE, K.; MANTHEY, J.A.; TALCOTT, S.T.; GOODNER, K.L.; BALDWIN, E.A. Total antioxidant activity of Floridas tropical fruit using the dpph and orac assay. **American Chemical Soviety National Meeting,** San Diego, v. 139, p 78-90, 2005.

MELLO J. C. P.; SANTOS, S. C. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Porto Alegre, p. 615-656, 2004.

MIGLIATO, K. F.; MOREIRA, R. R. D.; MELLO, J. C. P.; SACRAMENTO, L.V.S.; CORREA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Quality control of *Syzygium cumini* L. Skeels fruits. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v. 1, n. 17, p. 94-101, 2007.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426 -428, 1959.

MIRANDA, M. A. **Efeito de flavonóides na fosfoproteína tirosina fosfatase. Mecanismos cinéticos e relações estrutura atividade**. 2000. 154f. Dissertação (Mestrado em Biologia Funcional e Molecular), Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas-SP.

MORAES, J. O.; PERTUZATTI, P. B.; CORRÊA, F. V.; SALAS-MELLADO, M. D. L. M. Study of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) in the process of food products. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2007.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER L. G. A. Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry,** Easton, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

ROCHA, S. A. da; LIMA, G. P. P.; BORGUINI, M. G.; CICCONE, V. R.; BELUTA, I. Fibras e lipídios em alimentos vegetais oriundos do cultivo orgânico e convencional. **Revista Simbio-Logias**, Botucatu, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: ILSI press, 2001.

REYNERTSON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B,; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

RUFINO, M. S. M.; FERNANDES, F. A. N.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. Free radicalscavenging behavior of some North-east Brazilian fruits in DPPH system. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 693–695, 2009.

SANTOS, G.M.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M. de; COSTA, J.M.C. da; FIGUEIREDO, R.W. de.; PRADO, G.M. do Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, 2008.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, E. M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **The Open Food Science Journal**, Champaign, v. 4, p. 7-22, 2010.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAPIERO, H.; TEW, K. D.; NGUYEN, B. A.; MATHE, G. Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies?. **Biomedicine e Pharmacotheraphy**, New York, v. 56, p. 200-207, 2002.

VEIGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature,stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* Skeels. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 619–627, 2007.

VETRANI, C.; COSTABILE, G.; DI MARINO, L.; RIVELLESE, A. A. Nutrition and oxidative stress: a systematic review of human studies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 64, n. 3, p. 312-326, 2012.

VALLILO, M. I.; MORENO, P.R.H.; OLIVEIRA, E.; LAMARDO, L.C.A.; GARBELOTTI, M.L. Chemical composition of campomanesia adamantium (*Cambessédes*) O.Berg' fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 725-955, 2006.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonoids anthocyanins: characteristics and properties in nutrition and health. **Brasileira de Nutrição Clínica,** Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In: EROLSTAD, R. E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, cap. 1.1, p. 111-118, 2002.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: the role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 10, p. 3135-3148, 2011.

YAHIA, E. M. **The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health.** In L. A. Rosa, E. Alvarez-Parrilla, & G. A. Gonzalez-Aguilara (Eds.), Fruit and vegetable phytochemicals chemistry nutritional value and stability. Wiley- Blackwell: Hoboken, 2010.

YOU, Q.; WANG, B.; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P. G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 125, n. 1, p .201-208, 2011.

ZANATTA, C. F.; CUEVAS, E.; BOBBIO, F.O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A.Z. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 24, p. 9531-9535, 2005.

ZHENG, J.; KALLIO, H.; LINDERBORG, K.; YANG, B. Sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in wild Chinese sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. sinensis) with special reference to influence of latitude and altitude. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 7, p. 2018-2026, 2011.

7 PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE SHERBETS EM FUNÇÃO DOS TEORES DE POLPA DE JAMBOLÃO, LEITE E AÇÚCAR

SOARES, J. C. Propriedades reológicas de sherbets em função dos teores de polpa de jambolão, leite e açúcar. In:____. Aproveitamento Alimentar de jambolão. Parte 2, p. 106-128. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO*.

RESUMO

O setor de gelados comestíveis vem buscando inovações de produtos ou a adoção de novas matérias-primas que apresentem vantagens únicas favorecendo a diferenciação, dentre estes destaca-se o sherbet. O sherbet que é um produto congelado à base de água, açúcares, frutas ou aromatizantes de frutas, sólidos do leite, estabilizante e corantes, quando necessários. Nesse estudo objetivou-se estudar as propriedades reológicas de sete formulações de sherbets produzidos com variações dos teores de polpa de jambolão, leite e açúcar obtidas de um delineamento de mistura, a fim de verificar qual dos três componentes interferem no comportamento reológico das formulações. Utilizou-se o delineamento de mistura variando-se as concentrações de polpa, açúcar e leite, a fim de verificar o comportamento reológico dos sherbets formulados. Os sherbets apresentaram característica não newtoniano e pseudoplástico, ou seja, diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada. A formulação com 15g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 40g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão apresentou maior tensão de cisalhamento, ou seja, maior resistência ao derretimento e maior viscosidade, conferindo maior maciez ao produto. Para obter os parâmetros reológicos que melhor descreveram a reologia das formulações foram utilizados os modelos empíricos Bingham, Lei da Potência, Herschel-Bulkley e Casson que foram ajustados à tensão de cisalhamento versus a taxa de deformação. O modelo que melhor ajustou foi o modelo Herschel-Bulkley. A polpa de jambolão influenciou no distúrbio das fibras presente na polpa acarretando maior tensão de cisalhamento e o açúcar diminuiu o ponto de congelamento, aumentando a viscosidade, conferindo maior cremosidade nos sherbets.

Palavras-chave: Sherbet, delineamento de mistura, comportamento reológico.

---

*Artigo a ser submetido. Comitê orientador: Márcio Caliari – UFG (orientador), Manoel Soares Soares Júnior – UFG (co-orientador).

PROPERTIES OF RHEOLOGICAL SHERBETS DEPENDING ON JAMBOLAN PULP CONTENT, MILK AND SUGAR

ABSTRACT

The sector of ices has been seeking product innovations or the adoption of new raw materials that have unique advantages favoring the differentiation among these stands out the sherbet. The sherbet is a frozen product made of water, sugar, fruit or fruit flavorings, milk solids, stabilizing and coloring agents, as needed. This study aimed to study the rheological properties of seven sherbets formulations produced with variations of jambolan pulp content, milk and sugar obtained from a mixture of design in order to verify which of the three components interfere in the rheological behavior of the formulations. Was used to design the blending varying the slurry concentration, sugar and milk, in order to determine the rheological behavior of the formulated sherbets. Sherbets and presented a typical non-Newtonian pseudoplastic, or decrease in viscosity versus increasing shear rate applied. Formulation with 15g sugar $100g^{-1}$, 45g $100g^{-1}$ of milk and 40g $100g^{-1}$ of jambolan pulp showed the highest shear stress, ie greater resistance to melting and high viscosity, giving softness to the product. For the rheological parameters which best describe the rheology of the formulations Bingham empirical models were used, Power Law, Herschel-Bulkley and Casson were adjusted to shear stress versus shear rate. The model that best fit was the Herschel-Bulkley model. The jambolan pulp influenced the disturbance of fibers present in the pulp resulting in greater shear stress and sugar decreased the freezing point, increasing the viscosity, improving creaminess in sherbets.

Keywords: Sherbet, mix design, rheological behavior**.**

7.1 Introdução

O avanço dos conhecimentos sobre a relação entre alimentação e saúde, bem como os elevados custos da saúde pública e a busca permanente da indústria por inovações têm gerado novos produtos, cujas funções pretendem ir além do conhecido papel nutricional dos alimentos (SALES et al., 2008). Muitas pesquisas têm sido realizadas visando à identificação e consumo de novos compostos bioativos e o estabelecimento de bases científicas para a comprovação das alegações de propriedades funcionais dos alimentos (SEOLIN et al., 2013). Neste contexto, tem se relatado que as frutas além de fornecerem componentes importantes como ácido ascórbico, β-caroteno e ácido fólico desempenham funções básicas do organismo, e também são fontes de compostos bioativos diretamente associados à prevenção de doenças (FALLER; FIALLO, 2009).

O fruto jambolão (*Syzygium cumini*) se destaca pela elevada concentração de vários constituintes, devido à presença de compostos bioativos. A literatura relata sua ação hipoglicemiante, antimicrobiana, hipotensiva, diurética, cardiotônica, anti-inflamatória, estimulante do sistema nervoso central, anticonvulsivante, anti-hemorrágica e antiescorbútica (MIGLIATO et al., 2007).

O setor de gelados comestíveis tem buscado saídas criativas para motivar o consumo como o desenvolvimento de novos produtos ou a adoção de novas matérias-primas que apresentem vantagens únicas favorecendo a diferenciação, como o sherbet, que permite a adição de frutas que possuem características favoráveis devido à presença de vários constituintes, como aroma, cor e sabor. Estes constituintes podem ser encontrados na sua formulação, devido à adição de frutas (CARVALHO et al., 2006). O sherbet é um produto congelado à base de leite, açúcares, frutas ou aromatizantes de frutas, estabilizante e corante, quando necessários. Esse produto contém de 1% a 2% de gordura do leite, não sendo permitida outra gordura, e de 2% a 5% de sólidos totais de leite (BRASIL, 1999).

Assim como o sorvete, a qualidade final de um sherbet depende das propriedades funcionais dos ingredientes, das propriedades físicas da calda e do processo de fabricação. Os estabilizantes e a polpa de fruta influenciam as propriedades da mistura, tais como a viscosidade e a temperatura de fusão da calda, além das características físicas do produto final (OLIVIERA et al., 2005).

O aumento na viscosidade aparente proporciona um aumento na resistência do produto final para a fusão e suavidade reforçada. Isso significa que a viscosidade aparente desejável da mistura e da textura também pode ser obtida através do controle da composição da mistura.

Como se sabe, a qualidade sensorial de alimentos líquidos e semi-sólidos, a preferência do consumidor, são consideravelmente influenciada pelas características reológicas do alimento. A textura suave e sensação de arrefecimento pode ser conseguido com a otimização das características reológicas da mistura de gelado (DOGAN; KAYACIER; ERHAN, 2007). O conhecimento do comportamento reológico dos alimentos é útil não somente para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para a adequação de sistemas de tubulações, trocadores de calor, filtros, bombas, entre outros (VASQUES, 2003).

Não há dados na literatura sobre as propriedades reológicas de sherbets, mas na maioria dos sorvetes o comportamento reológico tem sido descrito como pseudoplástico (AIME et al., 2001).

O comportamento dos fluidos é descrito através dos modelos reológicos, que relacionam tensão de cisalhamento com a taxa de deformação. Na literatura existem muitos modelos reológicos propostos. A escolha do modelo a ser utilizado é uma função das características do fluido (RAO; ANANTHESWARAM, 1982). Os modelos mais comumente utilizados são: Ostwald-de Waele ou também conhecido como Lei da Potência, Bingham, Hershel-Bulkley e Casson.

Com este contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades reológicas de sete formulações de sherbets produzidos com variações dos teores de polpa de jambolão, leite e açúcar obtidas de um delineamento de mistura, a fim de verificar qual dos três componentes interferem no comportamento reológico dos sherbets formulados.

7.2 Material e Métodos

7.2.1 Obtenção e tratamento da matéria-prima

Os frutos foram colhidos de árvores plantadas nas ruas da cidade de Goiânia, entre os meses de janeiro a março de 2014, em estádio de maturação próprio para consumo. A colheita manual foi realizada com auxílio de uma escada para evitar o contato do fruto com o solo. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), acondicionados em caixas de poliestireno expandido, e transportados ao Laboratório de Processamento de Vegetais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG. Após a seleção para eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, os mesmos foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}) durante 20min, secos a temperatura ambiente de 25ºC, despolpados em equipamento automático (Itametal, 025 DF A8, Itabuna, Brasil), embalados em porções de 1kg em sacos de PEBD, e armazenados em -18ºC.

7.2.2 Processamento dos sherbets (delineamento experimental)

Para a produção dos sherbets utilizou-se açúcar cristal (Cristal®) e leite pasteurizado (Vitalac®), adquiridos no comércio local de Goiânia-GO, liga neutra Pro Sorvete® (açúcar, goma guar e amido) e emulsifcante (Biomix®), além de polpa congelada de jambolão. Os teores máximos e mínimos dos componentes variáveis das misturas ternárias utilizadas nas formulações dos sherbets foram sensorialmente pré-estabelecidos, em testes preliminares feito pelos pesquisadores envolvidos. O açúcar variou entre 5 e 20g $100g^{-1}$, o leite de 45 a 70g $100g^{-1}$, e a polpa de jambolão entre 15 e 40g $100g^{-1}$. Foi utilizado o delineamento Simplex (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com sete misturas e duas repetições no ponto central, Para tanto, a partir das faixas de proporção dos ingredientes determinaram-se os valores em pseudo-componentes (Tabela 10). Foi adicionado 3,5% de liga e emulsificante (valor fixo), para isto os teores de açúcar, leite e polpa do delineamento de mistura foram convertidos para 96,5g $100g^{-1}$ em todas as formulações.

Tabela 10. Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes de sherbets com misturas de 3 componentes (açúcar, leite e polpa de jambolão) definido pelo delineamento Simplex.

Formulação	Proporção dos ingredientes			Pseudo-componente		
	Açúcar	Leite	Polpa	Açúcar (X_1)[1]	Leite (X_2)	Polpa (X_3)
S1 (1)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (2)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (3)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S2	0,15	0,70	0,15	0,29	0,71	0
S3	0,2	0,65	0,15	0,43	0,57	0
S4	0,2	0,45	0,35	0,43	0	0,57
S5	0,15	0,45	0,40	0,29	0	0,71
S6	0,05	0,70	0,25	0	0,71	0,29
S7	0,05	0,55	0,40	0	0,29	0,71

[1]$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100%

Durante o processamento, a polpa de jambolão foi descongelada a 25ºC e homogeneizada com leite, açúcar, liga neutra e emulsificante em liquidificador industrial (Siemsen, D560484, Jaraguá do Sul, Brasil). Logo após, a calda foi colocado em uma masseira (Everest Indústria e Comércio, produtora horizontal, São Carlos, Brasil) para a incorporação de ar, na temperatura de -7ºC durante 4min. Os sherbets foram transferidos para embalagens de polietileno de 2l, armazenado em freezer a -18ºC.

O comportamento reológico das amostras foi determinado utilizando um reômetro (Physica, MCR 101, Ostfildern, Germany). Os ensaios para as medidas reológicas foram realizados a temperatura de 5ºC (TOKER, 2013), probe cilíndrica placa-placa de 50mm, por ser uma amostra particulada foi utilizado um gap 1,0mm (espaço delimitado entre as placas), a taxa de deformação de 1 a 100s^{-1} (curva ascendente) e 100 a 1s^{-1} (curva descendente), um ponto a cada 5s, com tomada de 50 pontos para cada curva. O software (Rheoplus/32 V3. 40) embutido no sistema de aquisição de dados forneceu diretamente as curvas de taxa de deformação versus taxa de cisalhamento e taxa de deformação versus viscosidade. A placa do equipamento foi coberta pela amostra e a qual foi comprimida pela probe cilíndrica e assim obtido as curvas de escoamento, sendo que para cada amostra, as análises foram realizadas em duplicata.

Para a escolha dos modelos empíricos, foi utilizado o programa Origin 8 (ORIGIN, 1999). Os modelos testados foram: Bingham, Casson, Herschel-Bulkley e Lei da Potência. O critério de escolha dos melhores ajustes se baseou na determinação dos modelos através do coeficiente de determinação (R^2), gerado pelo próprio software e do valor do menor erro médio relativo (P), calculado segundo a equação 7. Os parâmetros encontrados no ajuste de melhor modelo foi realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade (STATISTIC 7.0), para verificar se havia diferença entre as diferentes formulações de sherbets.

$$\mathrm{P}\ (\%) = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|Y_{pred,i} - Y_{exp,i}|}{|Y_{exp,i}|} \tag{15}$$

Nas quais:

P = desvio relativo médio;

$Y_{exp,i}$ = adimensional de unidade observado experimentalmente;

$Y_{pred,i}$ = adimensional de unidade;

N= número de pontos observados.

7.3 Resultados e Discussão

O comportamento reológico das formulações de sherbets podem ser observados através dos reogramas (Figuras 8.1, 8.2 e 8.3), na temperatura de 5ºC, que relacionam a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação, sendo apresentada a curva ascendente, curva descendente e a segunda curva ascendente, respectivamente.

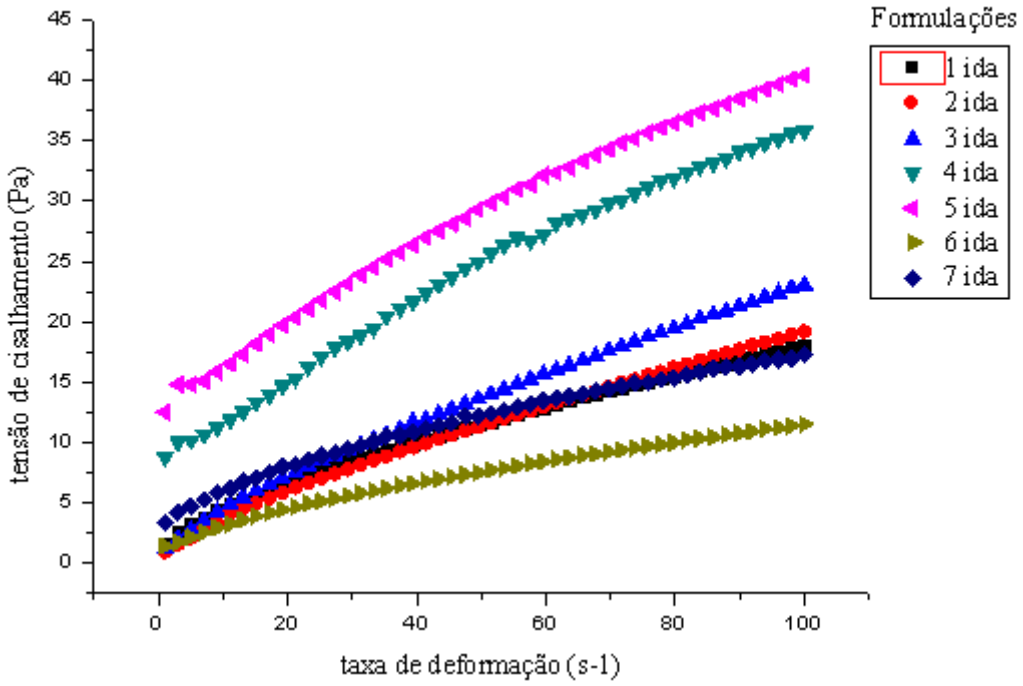


Figura 8.1. Reograma das formulações de sherbets (curva ascendente) na temperatura de 5ºC.

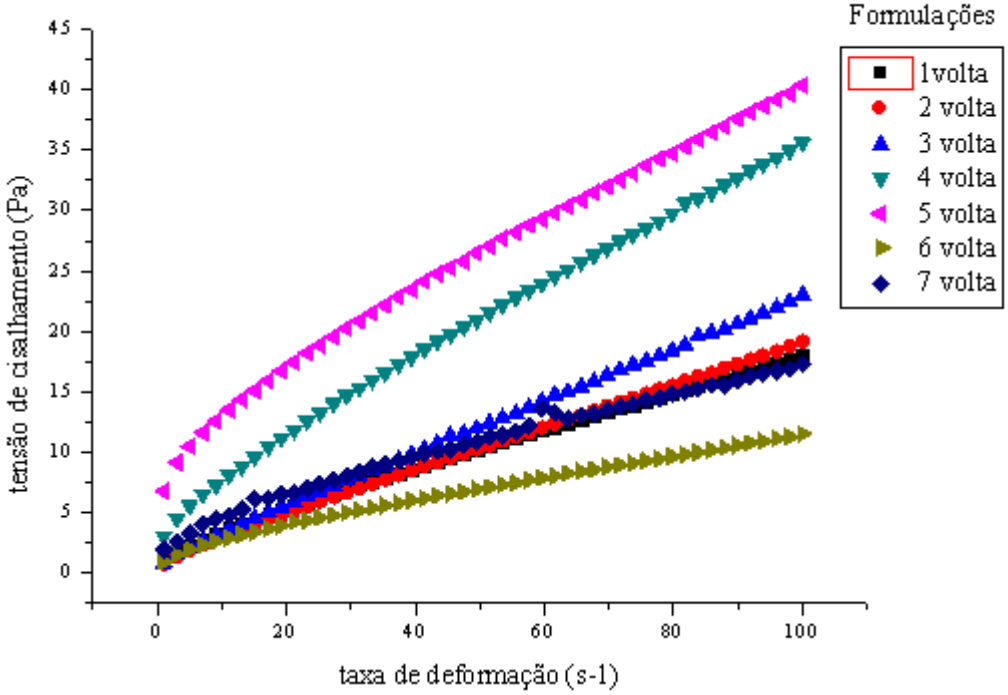


Figura 8.2. Reograma das formulações de sherbets (curva descendente) na temperatura de 5ºC.

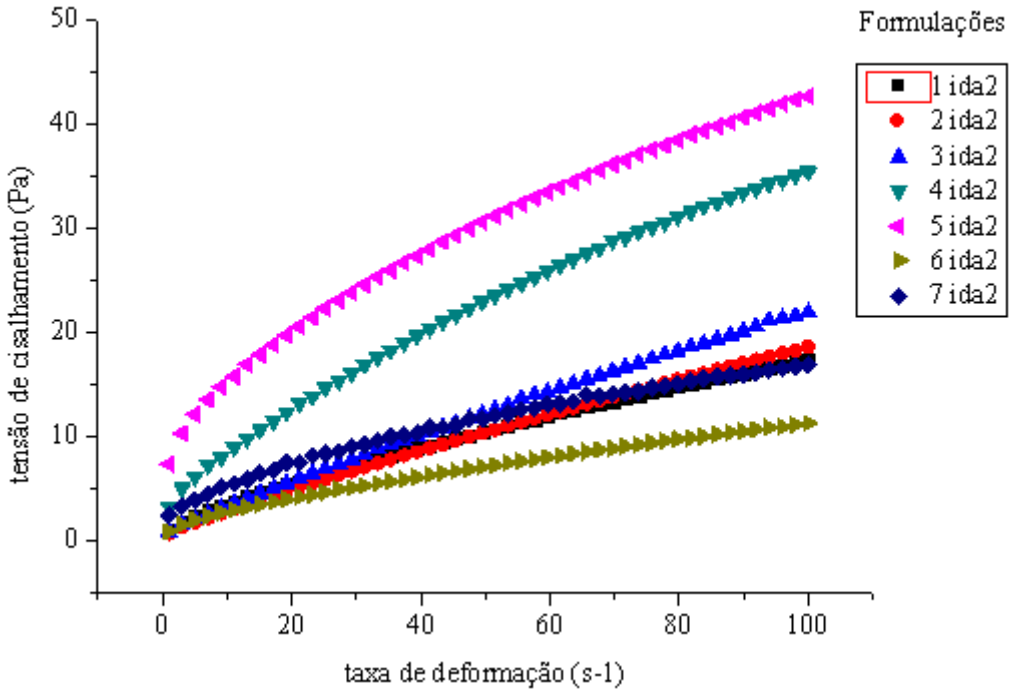


Figura 8.3. Reograma das formulações de sherbets (segunda curva ascendente) na temperatura de 5ºC.

De acordo com as figuras 8.1 a 8.3, a formulação 5 apresentou maior tensão de cisalhamento, seguida da 4, sendo que ambas apresentaram o menor teor de leite, porém a formulação 5 possui maior teor de polpa e a formulação 4 possui o maior teor de açúcar. Portanto quanto maior o teor de polpa e de açúcar e menor a quantidade de gordura ocorreu o aumento da taxa de cisalhamento. Esse fato também foi observado por Oliveira, Souza e Monteiro (2008) que avaliaram o comportamento reológico de 5 tipos de sorvetes, soja sabor banana, creme, creme "light", limão e sabor iogurte, sendo que a amostra de limão seguida da amostra de creme "light" (menor teor de gordura), apresentaram maior taxa de cisalhamento, ambas apresentaram maior fração de água e consequentemente menor quantidade de gordura.

Maior tensão de cisalhamento em amostras de gelados comestíveis, são caracterizados por maior resistência ao escoamento/derretimento, interferindo positivamente no aspecto sensorial. Por isso é utilizado maior quantidade de estabilidade em gelados comestíveis para conferir maior cremosidade ao produto acarretando menor formação de cristais de gelo e maior resistência ao derretimento (GRANGER et al., 2005), já neste trabalho não foi necessário adicionar maiores concentrações de estabilizantes nas formulações de sherbets, apenas alterando as concentrações de açúcar, leite e polpa de jambolão foi possível obter um produto agradável ao consumidor. A formulação 5 apresentou a maior tensão de cisalhamento devido a maior concentração de polpa, já as fibras entrelaçaram durante a deformação, formando fios que dificultou o escoamento do material. A formulação 5 também apresentou maior viscosidade (Figura 8.4 a 8.6), devido ao aumento na concentração de açúcar, diminuindo o ponto de congelamento, acrretando menor formação de cristais de gelo, aumentando a maciez do produto. Com o aumento da viscosidade, a resistência ao derretimento e a "maciez" do sorvete aumenta. Então, a viscosidade desejada pode ser assegurada controlando a composição da mistura (ARBUCKLE, 1977). Valores de tensão de cisalhamento podem ser influenciados pela composição, principalmente a fração de carboidratos. Entretanto, outros fatores como, pressão de homogeneização, incorporação de ar e agregação dos cristais de gelo podem afetar a tensão de cisalhamento (KUS; ALTAN; KAIA, 2005).

As formulações 1, 2, 3 e 6 apresentaram comportamentos semelhantes, sendo praticamente nula a diferença entre as formulações 1e 2, o que pode ser explicado pela interação dos três componentes na formulação dos sherbets. A formulação 6 apresentou a menor taxa de cisalhamento, por apresentar maior teor de gordura (maior concentração de leite). Oliveira, Souza e Monteiro (2008) também verificaram menor tensão de cisalhamento em amostras de sorvete de soja, de banana e de iogurte devido a maior quantidade de gordura existente.

Para melhor visualizar o comportamento da viscosidade em função da taxa de deformação foi necessário transformar as escalas dos gráficos para dí-log. Assim é possível observar através das figuras 8.4, 8.5 e 8.6 que independentemente das formulações utilizadas, sherbets analisadas apresentaram comportamento de fluido não newtoniano e pseudoplástico, em que a sua viscosidade pode variar com o tempo e com as condições de escoamento, pois segundo Schramm (2006) isso é verdadeiro quando ocorre a diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada. A formulação 6 apresentou a menor viscosidade, formulação com maiores teores de leite. Para Nazaruddin, Syaliza e Rosnani (2008) a diminuição da viscosidade ocorre devido à agregação dos glóbulos de gordura que durante o cisalhamento diminuem de tamanho e consequentemente diminuem a viscosidade dos gelados comestíveis, fato também observado neste experimento.

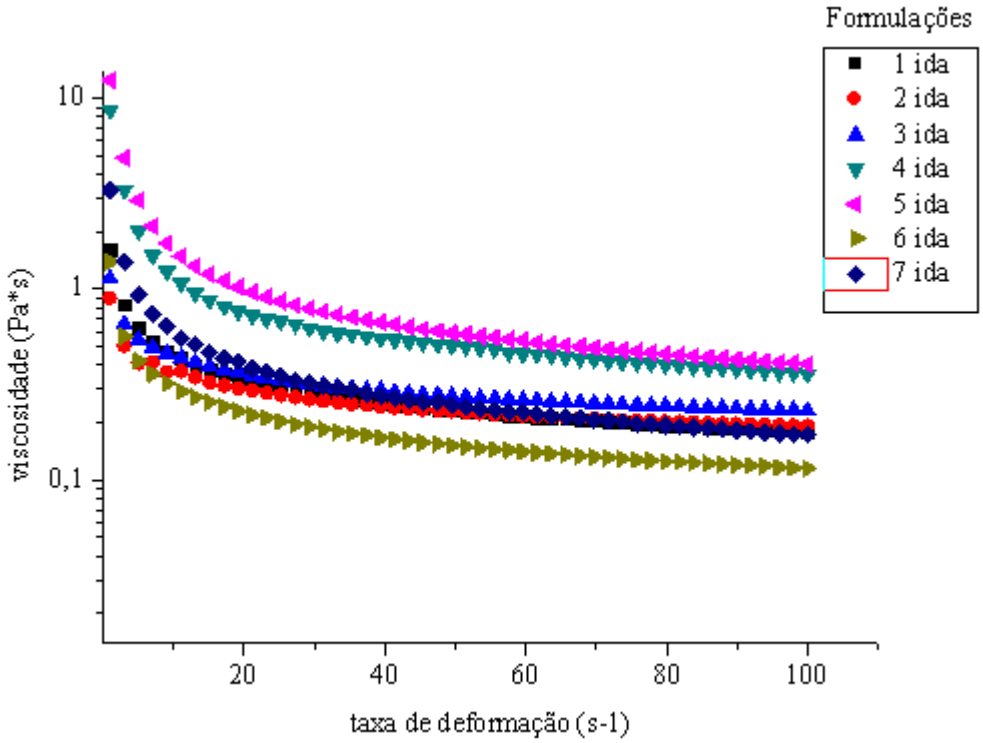


Figura 8.4. Reograma das formulações de sherbets (curva ascendente) na temperatura de 5ºC.

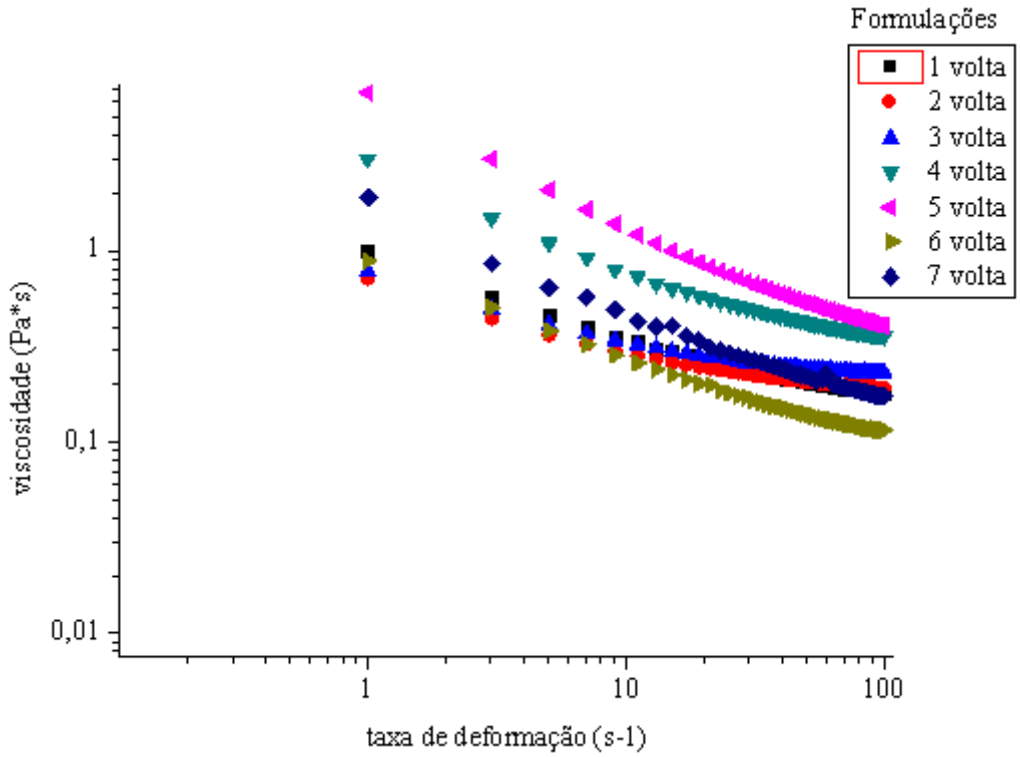


Figura 8.5. Reograma das formulações de sherbets (curva descendente) na temperatura de 5ºC.

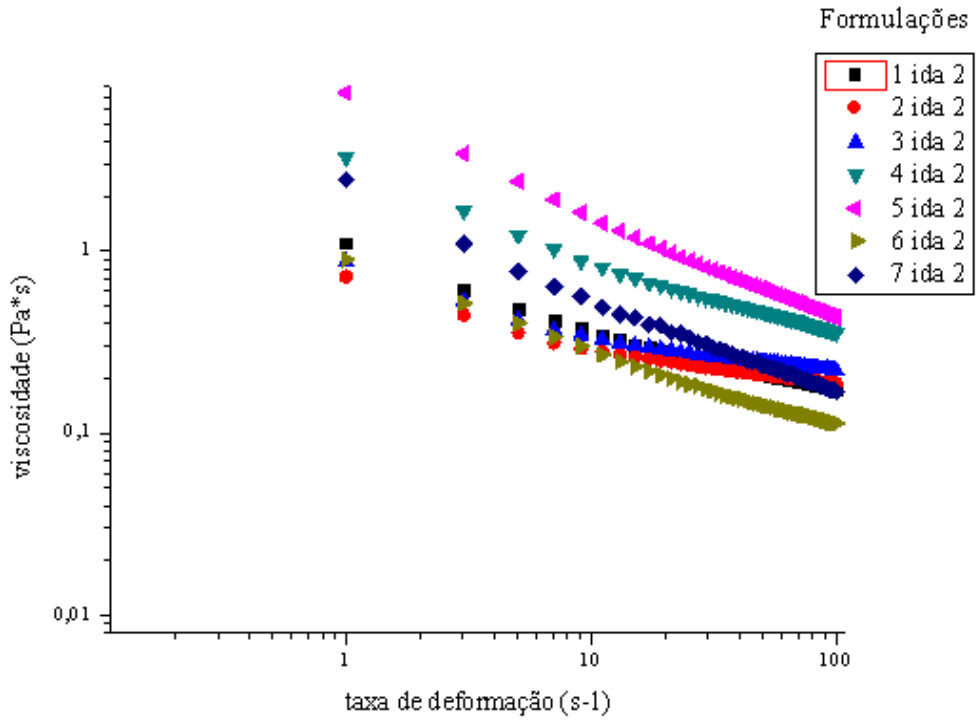


Figura 8.6. Reograma das formulações de sherbets (segunda curva ascendente) na temperatura de 5ºC.

A formulação 5 apresentou maior viscosidade quando comparada com as demais, essa formulação continha maiores concentrações de polpa de jambolão e açúcar, consequentemente maiores teores de sólidos solúveis. Esse resultado concorda com o que foi relatado por Marshall e Arbuckle (1996) que concluíram que com o aumento do teor de açúcar a quantidade de água livre na mistura diminui, aumentando assim, a viscosidade e consequentemente potencializando o efeito do estabilizante, conferindo maior maciez ao produto. Os açúcares realçam a percepção dos sabores, contribuem para uma boa textura e maciez, são anti-congelantes, ou seja, diminuem o ponto de congelamento da mistura (FANIN; SARACCHI, 2006). Para Argandoña, Nishiyama e Hubinger (2002), o aumento nos teores de açúcar tendem a ocupar os espaços intra e intercelulares no lugar da água, deixando o produto mais viscoelástico. A análise global dos reogramas e dos gráficos de viscosidade em função da taxa de deformação realizada não permite caracterizar completamente o comportamento reológico de cada formulação, já que não é possível visualizar os parâmetros reológicos. Para obter os parâmetros reológicos das formulações os modelos reológicos Bingham, Lei da Potência, Herschel-Bulkley e Casson foram ajustados às curvas de fluxo (taxa de deformação versus taxa de cisalhamento) (Tabela 11).

Tabela 11. Coeficientes de determinação (R^2) e desvios relativo médio (P) dos modelos empíricos para as curvas ascendente/descendente/ascendente de taxa de deformação versus taxa de cisalhamento dos modelos de Bighan, Lei da potência, Herschel-Bulkley e Casson.

	Curva Ascendente								**Curva Descendente**								**Curva Ascendente**							
	Modelos																							
Trat.	Bighan		Lei da potencia		Herschel-Bulkley		Casson		Bighan		Lei da potencia		Herschel-Bulkley		Casson		Bighan		Lei da potencia		Herschel-Bulkley		Casson	
	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)	R^2	P(%)
S1	0,986	8,04	0,9989	2,18	0,9999	0,44	0,986	10,95	0,9971	5,09	0,998	3,81	0,9997	1,41	0,9971	8,67	0,9927	6,86	0,9993	2,43	0,9999	0,5	0,9927	8,64
S2	0,9923	8,97	9,9996	1,64	0,9998	1,18	0,9923	7,41	0,9991	3,9	0,9991	3,46	0,9999	3,81	0,9991	6,18	0,9976	5,59	0,9997	2,19	0,9999	0,44	0,9976	5,61
S3	0,9927	8,39	0,9996	1,82	0,9999	0,92	0,9927	7,76	0,9995	2,95	0,9989	3,93	0,9997	1,54	0,9995	5,83	0,9977	2,59	0,9996	2,38	0,9998	0,78	0,9977	5,53
S4	0,9864	4,12	0,9819	4,47	0,9969	2,33	0,9864	14,03	0,996	2,26	0,997	3,97	0,9987	0,68	0,996	10,13	0,9852	7,39	0,9987	2,39	0,9994	1,33	0,9852	9,94
S5	0,9871	3,2	0,9713	4,33	0,997	1,26	0,9871	16,5	0,9899	4,1	0,9897	4,17	0,9995	0,84	0,9898	14,56	0,9697	6,52	0,997	2,09	0,9998	0,5	0,9697	14,46
S6	0,9824	7,36	0,9986	1,89	0,9998	3,78	0,9824	11,66	0,9924	6,84	0,9969	3,56	0,9993	1,55	0,9924	10,91	0,9853	7,05	0,9983	2,71	0,9997	1,06	0,9885	10,81
S7	0,9743	6,02	0,9951	2,43	0,9995	0,36	0,9743	5,69	0,9836	6,63	0,9944	3,56	0,9966	1,61	0,9636	11,9	0,9703	7,75	0,998	1,91	0,9991	2,1	0,9703	13,03

P(%): erro médio relativo; R^2: coeficiente de determinação.

De acordo com os valores de coeficiente de determinação e desvio relativo médio (Tabela 11), pode-se verificar que o comportamento reológico das formulações dos sherbets se ajustam bem a todos os modelos testados. Entre estes o que mais se ajustou, por apresentar maior coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$) e menor desvio relativo médio foi o modelo Herschel-Bulkley. O modelo Lei da Potência também apresentou bom ajuste, esse considera a relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. No entanto, a Lei da Potência não leva em consideração a tensão limite de escoamento (τo) (TONELI et al., 2005), sendo essa uma importante característica para gelados comestíveis.

Dessa forma, optou-se pela seleção do modelo de Herschel-Bulkley para caracterização reológica e obtenção dos parâmetros τo, k e n, através das curvas ascendentes (aumento da taxa de deformação) e descendentes (diminuição da taxa de deformação). O modelo de Herschel-Bulkley é utilizado para descrever o comportamento não-newtoniano de vários alimentos fluidos. Uma importante característica deste modelo é a presença de uma tensão de cisalhamento crítica ou limite de escoamento (τo). O índice de consistência (k), baseado na taxa de deformação, informa a viscosidade de um fluido, ou seja, o grau de resistência do fluido diante do escoamento (KARACA et al., 2009). Os índices de comportamento de fluxo (n) indicam o grau da característica pseudoplástica ou dilatante de um fluido (AKALIN; KARAGOZLU; UNAL, 2008).

O maior valor para o de limite de escoamento (τo) foi obtido na formulação S5, ou seja, no produto com maiores teores de açúcar e polpa, portanto maiores concentrações de sólidos. Diversos trabalhos na literatura estudaram o comportamento reológico de sorvetes, e também relataram que os valores obtidos para o limite de escoamento estão relacionados com maiores teores de sólidos na amostra (PASEEPHOL et al., 2008; TELES; FLÔRES, 2007; SODINI et al., 2005; GONÇALVEZ et al., 2005), sendo o limite de escoamento é aonde começa o fenômeno escoamento. Alguns fluidos requerem uma tensão inicial para iniciar o escoamento (τo). Neste caso, são denominados Fluidos de Bingham. Esses materiais possuem uma estrutura interna capaz de impedir o escoamento para valores de tensão de cisalhamento inferiores a um valor limite (τo). Quando a tensão de cisalhamento é maior que o valor limite, a estrutura interna colapsa, favorecendo o escoamento do material como um fluido (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008).

Os índices do comportamento (n) dos sherbets foram menores que 1 e variaram de 0,5578 a 0,9549 (Tabela 12), indicando que os sherbets comportaram-se como fluidos não newtonianos pseudoplásticos, ou seja, a viscosidade diminui ao longo da taxa de deformação. O índice de comportamento n apresentou os maiores valores para a formulação S2, que diferiu

significativamente somente da formulação S7 para a curva ascendente. Para a curva descendente e segunda ascendente os maiores valores foram das formulações S2 e S3, que diferiu das demais. Esses resultados indicam existir uma relação entre n e a quantidade de polpa, açúcar e leite, sendo que as formulações S2 e S3 possuem maior quantidade de leite e consequentemente maior teor de gordura. Ou seja, valores mais próximos de 1 indicam fisicamente que o fluido está próximo do comportamento Newtoniano. Soukoulis, Chandrinos e Tzia (2008) avaliaram o comportamento reológico de sorvetes com adição de carboximetil celulose, goma de guar, alginato de sódio e goma xantana que foram utilizados como agentes de estabilização primário, considerando k-carragena como secundário e o modelo que mais ajustou às formulações também foi o de Herschel-Bulkley. Os maiores valores de n, foram associados ao aumento da concentração de soro de leite, segundo o autor, e que resultou na formação de emaranhamentos de polissacarídeos compactos que foram vulneráveis contra taxa de cisalhamento, sendo mesmo efeito observado neste trabalho.

Tabela 12. – Média dos parâmetros reológicos (τo, k, n) e de viscosidade aparente a $50s^{-1}$(n_{50}) ajustados ao modelo Herschel-Bulkley das diferentes formulações de "sherbets" para taxa de deformação versus taxa de cisalhamento.

	Parâmetros											
Amostra	Curva Ascendente				Curva Descendente				Curva Ascendente			
	τo	k	n	n_{50}	To	K	N	n_{50}	τo	k	n	n_{50}
S1	$0,9727^{d}$	0,7397	$0,6774^{ab}$	$0,0194^{c}$	$0,9802^{cd}$	$0,3389^{cd}$	$0,8449^{b}$	$0,0195^{cd}$	$0,6689^{b}$	$0,4977^{c}$	$0,7605^{bc}$	$0,0133^{b}$
S2	$0,3624^{d}$	0,5718	$0,7698^{a}$	$0,0072^{c}$	$0,6587^{d}$	$0,266^{d}$	$0,9202^{ab}$	$0,0131^{d}$	$0,3613^{b}$	$0,3524^{c}$	$0,8738^{a}$	$0,0072^{b}$
S3	$0,574^{d}$	0,6602	$0,766^{a}$	$0,1142^{c}$	$0,8001^{cd}$	$0,2721^{d}$	$0,9549^{a}$	$0,0159^{cd}$	$0,4296^{b}$	$0,3992^{c}$	$0,87^{ab}$	$0,0086^{b}$
S4	$6,6288^{b}$	0,9751	$0,7436^{a}$	$0,1316^{b}$	2,665b	$0,736^{b}$	$0,8248^{b}$	$0,0529^{b}$	$1,509^{b}$	$1,4585^{b}$	$0,6868^{cd}$	$0,0299^{b}$
S5	$11,042^{a}$	1,063	$0,7267^{a}$	$0,2193^{a}$	$6,4688^{a}$	$1,179^{a}$	$0,7278^{c}$	$0,1283^{a}$	$4,6409^{a}$	$2,9371^{a}$	$0,5578^{e}$	$0,0919^{a}$
S6	$0,6829^{b}$	0,5418	$0,6543^{ab}$	$0,0136^{c}$	$0,8499^{cd}$	$0,3081^{cd}$	$0,7653^{c}$	$0,017^{cd}$	$0,6901^{b}$	$0,4022^{c}$	$0,7101^{c}$	$0,0138^{b}$
S7	$0,186^{c}$	0,9889	$0,5939^{b}$	$0,0436^{d}$	$1,34^{c}$	$0,6537^{bc}$	$0,6911^{c}$	$0,0267^{c}$	$1,0787^{b}$	$1,1577^{b}$	$0,5695^{de}$	$0,0215^{b}$

* Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. τo = limite de escoamento; k = índice de consistência (Pa s^{n}); n = índice de comportamento (adimensional); n_{50} = (viscosidade aparante) (Pa s).

Os valores de k variaram de 0,35 a 2,94Pa s^{-1}, sendo que os maiores valores foram encontrados nas curvas ascendentes. A formulação 5 apresentou os maiores valores de k, para todas as curvas, sendo que na primeira curva ascendente não houve diferença significativa deste parâmetro entre as formulações, sendo assim pode-se afirmar que a formulação 5, apresenta maior resistência perante a quebra estrutural na segunda curva ascendentes e na curva descendente. Além disso, os valores do índice de comportamento de fluxo (n) foram maiores na curva descendente do que nas ascendentes, mostrando que houve uma diminuição da pseudoplasticidade quando diminuía a taxa de cisalhamento. A diminuição de k e o aumento de n na curva descendente poder ser atribuída à quebra estrutural da rede proteica dos sherbets devido ao cisalhamento, o que favorece este comportamento. Este mesmo comportamento foi observado por Rossa et al. (2011), que avaliou a influência da enzima transglutaminase microbiano nas propriedades funcionais de gelados comestíveis com diferentes teores de gordura.

Toker et al. (2013) também estudaram as propriedades reológicas de sorvetes e avaliaram 5 modelos, sendo o mais adaptado o da Lei da Potência. Na temperatura de 5ºC encontraram valores de k e n de 12,883Pa s^n e 0,328 sendo 77,20% superior e 65,65% inferior aos maiores valores encontrados neste trabalho, respectivamente. Os maiores valores de k encontrados pelo autor são devido a maior resistência ao cisalhamento, por apresentarem maior teor de polpa, que pode ser resultado da perturbação das orientação das cadeias dos biopolímeros observando também comportamento pseudoplastico ($n<1$).

Outro importante parâmetro é a viscosidade aparente a $50s^{-1}$ a qual é considerada a tensão de cisalhamento exercida pela boca (BOURNE, 2002). A viscosidade é um parâmetro muito importante para os gelados comestíveis, uma vez que proporciona corpo e textura desejável a esses produtos (INNOCENTE; COMPARIN; CORRADINI, 2002; PARK et al., 2006; OZDEMIR et al., 2008). A viscosidade aparente nos sherbets a $50s^{-1}$ variam de 0,0072-0,2193Pa s, sendo que os maiores valores foram encontrados na formulação 5, ou seja, maiores concentrações de polpa e açúcar. Para Toker et al. (2013) na temperatura de 5ºC, a viscosidade aparente dos sorvetes foi de 0,928Pa s, sendo 76,4% superior ao maior valor encontrado neste trabalho, já que o sorvete possui maior teor de gordura do que o sherbet. No entanto, neste trabalho foi observado que o aumento no teor de leite não influenciou no aumento da viscosidade, sendo o ingrediente que influenciaram este parâmetro foram o aumento nos teores de polpa de jambolão e açúcar.

As formulações 2 e 6, apresentaram a menor tensão de cisalhamento (Figuras 8.1, 8.2, 8.3) e menor viscosidade (Figuras 8.4 a 8.6), devido ao maior teor de leite. Esse fato pode ser explicado devido às formulações com maiores teores de leite, além de conterem maiores teores de gordura também continham maiores teores de sólidos não gordurosos do leite. Os sólidos não gordurosos do leite devem ser diminuídos para evitar a cristalização da lactose, que resulta em um sorvete arenoso (MARSHALL; GOFF; HARTEL 2003), ou seja, com menor cremosidade. Os sólidos não gordurosos do leite, como as proteínas do leite (a caseína) são largamente utilizados com ação de emulsificantes, alta capacidade de aprisionamento de água, aumentando a viscosidade e a tensão de cisalhamento, porém se a concentração de proteína é muito alta a elasticidade interfacial diminui levando a uma menor estabilidade do produto e consequentemente menor cremosidade (AMINE et al., 2014). O decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação pode ser explicado pela mudança estrutural da amostra devido às forças hidrodinâmicas geradas e o maior alinhamento das moléculas na direção da tensão aplicada (ALPARSLAN; HAYTA, 2002).

A formulação 5 apresentou maior viscosidade e maior tensão de cisalhamento devido ao maior teor de açúcar, que influencia na textura de gelados comestíveis, pois afeta a viscosidade da matriz (CLARKE, 2004; GOFF, 2010), aumentando a maciez do produto. Outro fator a se considerar, são as fibras longas presentes nesse material, não fragmentadas por ocasião do despolpamento. Essas fibras se entrelaçariam durante a deformação, formando fios que dificultariam o escoamento do material, opondo forças de arraste ao movimento, por isso ocorreu maior tensão de cisalhamento na formulação 5. Oliveira et al. (2005), estudou as propriedades físicas de sherbets de mangaba e observou que a concentração de polpa de mangaba influenciou no aumento da viscosidade dos produtos, fato também observado neste estudo.

7.4 Conclusão

As formulações de sherbets com diferentes concentrações de polpa de jambolão, açúcar e leite mostraram sofreram influência no seu comportamento reológico com a taxa de deformação aplicada.

O modelo Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou ao comportamento reológico das formulações de sherbets.

A formulação com menor teor de leite e maiores porcentuais de polpa e açúcar apresentou maior tensão de cisalhamento e maior viscosidade aparente a $50s^{-1}$, indicando que a polpa de jambolão e o açúcar interfere de forma significativa na viscosidade dos sherbets, aumentando a sua resistência ao derretimento e também a maciez do produto.

De forma geral pode-se concluir que sherbets com menores teores de leite e polpa de jambolão variando entre 35 a 40%, tem maior viscosidade aparente e consequentemente melhor corpo e textura.

REFERÊNCIAS

AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOLMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, Ottawa, v. 34, n.2, p. 237-246, 2001.

AKALN, A.; KARAGOZLU, C.; UNAL, G. Rheological properties of reduced fat and low fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Research and Technology**, Berlin, v. 3, n. 227, p. 889-895, 2008.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin(sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 54, n. 1, p.89-93, 2002.

AMINE, C.; DREHER, J.; HELGASON, T.; TADROS, T. Investigation of emulsifying properties and emulsion stability of plant and milk proteins using interfacial tension and interfacial elasticity. **Food Hydrocolloids**, Washington, v. 39, p. 180-186, 2014.

ARBUCKLE, W.S. **Ice cream**. 3. ed. USA: AVI Publishing Company, 1977. 517p.

ARGANDOÑA, E. J. S.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, M. D. Quality of osmotically dehydrated melon in sucrose solutions with addition of acids. **Brazilian Agricultural Research Corporation**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1803-1810, 2002.

BOURNE, M.C. Physics and texture. In M.C. Bourne (Ed.). **Food texture and viscoty. Concept and measurement.** London: Academic, 2002. cap3, p. 59-106.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**: design, innovation and discovery. Tornto: Wiley, 2005.

BRASIL. Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 abr. 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/ portarias/379_99.htm>. Acesso em: 05 out. 2014.

CARVALHO, E. A.; MELO, B. N. A.; AGUIAR, J. C.; CALDAS, M. C. S.; CAVALCANTI, M. T.; MIYAJI, M. Desenvolvimento e Análise Sensorial de Sorvete de Massa Sabor Café, 2006, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: I Jornada Nacional da Agroindústria, 2006.

CLARKE, C. **The science of ice cream**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. 187p.

DOGAN, M.; KAYACIER, A.; ERHAN, I. C. Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with gamma irradiation. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n.3, p. 392-396, 2007.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Polyphenol availability in fruits and vegetables consumed in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 211-218, 2009.

FANIN, F. C.; SARACCHI, P. A. **Tecnologia de gelados comestíveis**. 2. São Paulo: SENAI-SP, 2006. 66p.

GONÇALVEZ, D.; PÉREZ, C.; REOLON, G.; SEGURA, N.; LEMA, P.; GÁMBARO, A.; ARES, G.; VARELA, P. Effect of thickeners on the texture of stirred yogurt. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 207-211, 2005.

INNOCENTE, N.; COMPARIN, D.; CORRADINI, C. Proteose-peptone whey fraction asemulsifier in ice-cream preparation. **International Journal of Dairy Technology**, Barking, v. 12, n. 1, p. 69-74, 2002.

KARACA, O. B.; GUVEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGLU, T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice cream with various fat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, Barking, v.62, n. 1, p. 93-99, 2009.

KUS, S.; ALTAN, A.; KAYA, A. Rheological behavior and timedependent characterization of ice cream mix with different salep content. **Journal of Texture Studies**, Oxford, v. 36, p. 273-288, 2005.

MARSHALL, R.T.; ARBUCKLE, W.S. **Ice cream**. 5th ed. New York: Chapman & Hall, 1996. 349p.

MARSHALL, R.T.; GOFF, H.D.; HARTEL,R.W. **Ice cream**. 6.ed. New York: Kluwer Academic Publishers, 2003. p.375.

MIGLIATO, K. F.; MOREIRA, R. R. D.; MELLO, J. C. P.; SACRAMENTO, L.V.S.; CORREA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Quality control of *Syzygium cumini* L. Skeels fruits. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curituba, v. 1, n. 17, p. 94-101, 2007.

NAZARUDDIN, R.; SYALIZA, A. S.; ROSANI, A. I. W. The effect of vegetables fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, Barking, v. 1, n. 3, p. 265-269, 2008.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, M. G. F.; SOBRAL, P. J. A.; OLIVEIRA, C. A. F.; HABITANTE, A. M. Q. B. Physical properties of mixes to mangaba *sherbet.* **Brazilian Agricultural Research Corporation**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 581-586, 2005.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Rheological characterization of ice cream. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 3, n. 28, p. 592-598, 2008.

ORIGIN. **Data Analysis and Techinical Graphics**. Programa Origin 6.0: Data Analysis and Techinical Graphics (software). Northampton, Micronal software incorporation, 1999.

OZDEMIR, C.; DAGDEMIR, E.; OZDEMIR, S.; SAGDIC, O. The effects of using alternative sweeteners to sucrose on ice cream quality. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 31, n. 4, p. 415-428, 2008.

PARK, S. H.; HONG, G. P.; KIM, J. Y.; CHOI, M. J.; MIM, S. G. The influence of food, hydrocolloids on changes in the physical properties of ice cream. **The Food Science and Biotechonology**, Seoul, v. 15, n. 5, p. 721-727, 2006.

PASEEPHOL, T.; SMALL, D. M.; SHERKAT, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, Malden, v. 39, n. 6, p. 617-634. 2008.

RAO, M. A.; ANANTHESWARAN, R. C. Rheology of fluids in food processing. **Food Technololy**, Chicago, v. 36, n. 2, p. 116-126, 1982

ROSSA, P. N.; DE SÁ, E. M. F.; BURIN, V. M.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Optimization of microbial transglutaminase activity in ice cream using response surface methodology. **LWT-Food Science and Technology**, Oxford, v. 44, n. 1, p. 29-34, 2011.

SALES, R. L. de; VOLP, A. C. P.; BARBOSA, K. B. F.; DANTAS, M. I.de. S.; DUARTE, H. S.; MINIM, V. P. R. Preference map of high-fiber ice cream. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 27-31, 2008.

SEOLIN, V. J.; SCAPIM, M. R. da S.; PIERETTI, G. G.; TONON, L. A. C.; MADRONA, G. S. Substituição de sacarose por frutolooligosacarídeo em sorvete. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 106-1073, 2013.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria – Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2006. 240p.

SODINI, I.; JOHN, M.; TONG, P. S. Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 85, n. 5, p. 853-859, 2005.

SOUKOULIS, C.; CHANDRINOS, I.; TZIA, C. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with k-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. **LWT- Food Science and Tecnology**, Oxford, v. 41, n.10, p. 1816-1827, 2008.

TELES, C. D.; FLÔRES, S. H. Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 247-256, 2007.

TOKER, O. S.; KARAMAN, S.; YUKSEL, F.; DOGAN, M.; KAYACIER, A.; YILMAZ, M.T. Temperature dependency of study, dynamic, and Creep-Recovery: Rheologial Properties of Ice Cream Mix. **Food and Bioprocess Technology**, Dublin, v. 6, p. 2974-2985, 2013.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Review: Study of the rheology of polysaccharides used in the food industry. **Brazilian Journal of Agro-Industrial Products**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

VASQUES, C. T. **Reologia do suco de goiaba: efeito da diluição e do tamanho de partícula**. Florianópolis: UFSC, 2003. 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2003.

8 ACEITAÇÃO, PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SHERBETS DE JAMBOLÃO

SOARES, J. C. Aceitação, propriedades físicas e químicas de sherbets de jambolão. In:____. Aproveitamento Alimentar de jambolão. Parte 2, p. 130-160. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO*.

RESUMO

O consumo regular de frutas tem proporcionado efeitos benéficos para a manutenção da saúde e prevenção de doenças, devido à presença de compostos fenólicos relacionados com sua atividade antioxidante, dentre essas destaca-se o jambolão, porém ainda pouco explorado. Por outro lado, a indústria de gelados comestíveis está investindo na expansão da produção de novos produtos com maior teor de polpa e menor quantidade de gordura, dentre estes destaca-se o sherbet. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar influência de diferentes proporções de açúcar, leite e sobre as características físicas e químicas e aceitação dos sherbets experimentais, buscando agregar valor ao jambolão e incentivar a sua produção pela indústria de gelados comestíveis e uso pelos consumidores. Sete formulações de sheberts de jambolão foram estabelecidas por meio do delineamento Simplex, e dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, luminosidade (L*), taxa de derretimento (TD) e sólidos solúveis totais (SST) foram determinados. As respostas foram conjuntamente otimizadas usando uma função multi-resposta para determinação do sherbet experimental de maior desejabilidade, e considerou-se para comparação um néctar comercial de goiaba. A formulação de sherbet com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, de maior desejabilidade, foi aceita pelos provadores (escores acima de 6,3) e recebeu nota 7,1 para a impressão global. O sherbet de jambolão apresentou menor energético que o sorvete de chocolate, devido ao menor quantidade de leite adicionado na formulação, de acordo com a legislação vigente. O teor de antocianinas no sherbet de jambolão (51,51mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$) foi 61,6% inferior ao encontrado na polpa da fruta. O sherbet de jambolão apresentou 87,19% de descoloração pelo método ABTS. Conclui-se que é possível produzir sherbet de jambolão com características físicas, químicas e sensoriais desejáveis, o que pode ampliar as possibilidades de aplicação da fruta como ingrediente na indústria alimentícia.

Palavras-chave: *Syzygium cumini*, Simplex, desejabilidade, dureza, análise sensorial, capacidade antioxidante**.**

---

*Artigo a ser submetido. Comitê orientador: Márcio Caliari – UFG (orientador), Manoel Soares Soares Júnior – UFG (co-orientador).

ACCEPTANCE, PHYSICAL PROPERTIES AND CHEMICAL JAMBOLAN SHERBETS

ABSTRACT

Regular consumption of fruit has provided benefits for the maintenance of health and prevention of disease due to the presence of phenolic compounds related to its antioxidant activity, among these stands out jambolan, but still little explored. Moreover, the edible ice cream industry is investing in expansion in the production of new products with higher pulp content and lower fat content, stands out among these are the sherbets. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of different proportions of sugar, milk and about the physical and chemical characteristics and acceptance of experimental sherbets, seeking to add value to jambolan and encourage their production by the ices industry and use by consumers. Seven sherbets formulations jambolan were established by the Simplex design, and hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, lightness (L*), melting rate (TD) and total soluble solids (TSS) were determined. Responses were optimized jointly using a multi-response function to determine the experimental nectar greater desirability, and it was considered for comparison a commercial guava sherbet. The formulation of sherbet with 16g $100g^{-1}$ of sugar, 45g $100g^{-1}$ of milk and 39g $100g^{-1}$ jambolan pulp, greater desirability, was accepted by the judges (scores above 6.3) and received a score of 7.1 for overall impression. The sherbet jambolan showed lower energetic value than chocolate ice cream, due to the smaller amount of milk added to the formulation, in accordance with current legislation. The anthocyanin in sherbet jambolan (51,51mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$) was 61.6% lower than that found in the fruit pulp. The sherbet jambolan showed 87.19% of discoloration by the ABTS method. It follows that it is possible to produce sherbet jambolan physical, chemical and sensory desirable, which can expand the application possibilities of the fruit as an ingredient in food industry.

Keywords: *Syzygium cumini*, Simplex, desirability, hardness, sensory analysis, antioxidant capacity.

8.1 Introdução

Nos últimos anos, o mercado de alimentos tem buscado novos produtos alimentares, que forneça além da função nutricional para os consumidores, valor funcional (GRAAF; FREWER; TRIJP 2006; TUORILA; MACFIE, 2007). O sorvete é um dos produtos lácteos mais consumidos no mundo, mas geralmente é pobre em antioxidantes naturais, como vitamina C, pigmentos naturais (antocianinas), e polifenóis. Assim, é interessante para as indústrias explorar a possibilidade de melhorar os atributos nutricionais de sorvetes com ingredientes que também beneficiem a saúde, com foco em produtos funcionais, com baixo teor de gordura e livre de aditivos sintéticos (GIDLEY, 2004).

Incluem-se no setor de gelados comestíveis, os sherbets, que são os produtos que contém manor proporção de gorduras e proteínas que o sorvete a base de leite, as quais podem ser total ou parcialmente de origem não láctea, podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares, como por exemplo, polpas de fruta (WALKER et al., 2010). Este produto é similar ao sorvete, entretanto é processado com maior quantidade de polpa de fruta, apresentando geralmente sabor mais ácido.

Algumas frutas possuem vitaminas, pigmentos naturais, e alto potencial de industrialização, inclusive na forma de sherbets (OLIVEIRA et al., 2005). O jambolão (*Syzygium cumini*) é uma opção, mas tem sido desperdiçado, devido à alta produção por árvore, a vida útil da fruta *in natura* curta, e principalmente, pela falta de alternativas para sua produção e aproveitamento industrial (LAGO; GOMES; SILVA, 2007). Os frutos de jamboleiro são pequenos, com 2-3cm de comprimento, têm forma ovoide com cor variando do epicarpo vermelho-púrpura a preto quando maduros, e polpa carnosa e rosa (BENHERLAL; ARUMUGHAN, 2007), possuindo ação hipoglicemiante, antimicrobiana, hipotensiva, diurética, cardiotônica, anti-inflamatória, estimulante do sistema nervoso central, anticonvulsivante, anti-hemorrágica e antiescorbútica (MIGLIATO et al., 2007). As potenciais propriedades medicinais do jambolão estão correlacionadas à atividade antioxidante, que é decorrente da presença de compostos fenólicos já identificados, como ácido elágico, flavonoides (quercitina e a rutina), e antocianinas (delfinidina-3-glicosídeo, petunidina-3-glicosídeo e malvidina-3-glicosídeo) (LIMA et al., 2007; VEIGAS et al., 2007; REYNERTSON et al., 2008).

Assim como para o sorvete, a qualidade final do sherbet depende além das propriedades funcionais dos ingredientes, das suas propriedades físicas e do processo de fabricação (OLIVEIRA et al., 2005). Cada um dos ingredientes (polpa de fruta, leite e açúcar) contribui

de maneira particular para as características do produto final. Além desses nutrientes, fazem parte da mistura os estabilizantes e os emulsificantes. O tipo e a quantidade de gordura influenciam as características do gelado comestível resultante, modificando suas propriedades. A gordura (de origem láctea ou não) contribui para a estrutura durante o congelamento e aeração formando uma rede tridimensional parcialmente coalescida de glóbulos homogêneos que, junto com as bolhas de ar e cristais de gelo é responsável pela rigidez, e também pela resistência ao derretimento e textura macia do produto congelado. O açúcar, usado principalmente para conferir doçura ao produto final, diminui o ponto de congelamento da mistura, ou seja, uma temperatura mais baixa é necessária quando aumenta a quantidade de açúcar. O açúcar mais comum utilizado em sorvetes é a sacarose, mas a lactose está presente em sorvetes lácteos, uma vez que é encontrada apenas no leite (GRANGER et al., 2005).

Os elementos estruturais dos gelados comestíveis contribuem significativamente para o padrão de percepção de textura e sabor (KOKINI; VAN AKEN, 2006), além das características tecnológicas. A textura pode ser avaliada de forma instrumental ou sensorial, e esta relacionada com os aspectos coloidais, tais como microestrutura, viscoelasticidade do soro, características de emulsão, e propriedades térmicas (HERRERA; GATTI; HARTEL, 2007). O teste de derretimento (*meltdown test*) é também uma importante avaliação. Segundo Barbosa et al. (2010), durante o derretimento do gelado comestível ocorre a fusão do gelo e o colapso da estrutura espumosa estabilizada. Após a fusão do gelo, o sorvete não derrete completamente até que sua estrutura colapse. Assim, os ingredientes e suas características são importantes durante a fabricação destes gelados comestíveis, pois influenciam a extensão da desestabilização e coalescência parcial ocorrida durante o processamento.

Neste contexto, devido ao jambolão possuir alta capacidade antioxidante, pela presença de compostos fenólicos, à escassez de informações científicas, e à falta de conhecimento da viabilidade sensorial do produto e tecnológica para o seu processamento. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aceitação, as propriedades físicas e químicas de sherbets, em função dos teores de polpa de jambolão, açúcar e leite (ingredientes principais), e verificar o efeito destes ingredientes, e suas interações nas características no produto final, visando o aproveitamento e agregação de valor aos frutos de jambolão, além de incentivar o seu uso por meio da disponibilização de informações tecnológicas para as indústrias de gelados comestíveis.

8.2 Material e Métodos

8.2.1 Obtenção e tratamento da matéria-prima

Os frutos foram colhidos de árvores plantadas nas ruas da cidade de Goiânia, entre os meses de janeiro a março de 2014, no estádio de maturação próprio para consumo. A colheita manual foi realizada com auxílio de uma escada para evitar o contato do fruto com o solo.

Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), acondicionados em caixas de poliestireno expandido, e transportados ao Laboratório de Processamento de Vegetais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG. Após a seleção para eliminar os frutos danificados, pragas e podridões, os mesmos foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1}) durante 20min, secos a temperatura ambiente de 25ºC, despolpados em equipamento automático (Itametal, 025 DF A8, Itabuna, Brasil), embalados em porções de 1kg em sacos de PEBD, e armazenados a -18ºC.

8.2.2 Processamento dos sherbets (delineamento experimental)

Para a produção dos sherbets utilizou-se açúcar cristal (Cristal®), leite pasteurizado (Vitalac®), liga neutra Pro Sorvete® (açúcar, goma guar e amido) e emulsifcante (Biomix®), adquiridos no comércio local (Goiânia-GO), além de polpa congelada de jambolão. Os teores máximos e mínimos dos componentes variáveis das misturas utilizadas nas formulações dos sherbets foram sensorialmente pré-estabelecidos pelos pesquisadores envolvidos. O açúcar variou entre 5 e 20g $100g^{-1}$, leite de 45 a 70g $100g^{-1}$, e a polpa de jambolão entre 15 e 40g $100g^{-1}$, por meio da utilização do delineamento Simplex (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com sete misturas e duas repetições no ponto central. Para tanto, a partir das faixas de proporção dos ingredientes determinaram-se os valores em pseudo-componentes (Tabela 13).

Para adicionar a liga e o emulsificante, os valores (açúcar, leite e polpa) do delineamento de mistura totalizaram 96,5g $100g^{-1}$ em todas as formulações. Os ingredientes fixos adicionados nas formulações de sherbets foram liga neutra e emulsificante, sendo 0,7g $100g^{-1}$ e 2,8g $100g^{-1}$, respectivamente.

Durante o processamento, a polpa de jambolão foi descongelada, e a 25ºC homogeneizada com os demais ingredientes em liquidificador industrial (Siemsen, D560484, Jaraguá do Sul, Brasil). Logo após, a calda foi colocada em uma masseira (Everest, Tipo horizontal, São Carlos, Brasil) para incorporação de ar, na temperatura de -7ºC durante 4 min

Tabela 13. Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de sherbets ou misturas ternárias (açúcar, leite e polpa de jambolão) definidos pelo delineamento Simplex.

Formulação	Proporção dos ingredientes			Pseudo-componente		
	Açúcar	Leite	Polpa	Açúcar (X_1)[1]	Leite (X_2)	Polpa (X_3)
S1 (A)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (B)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S1 (C)	0,134	0,583	0,283	0,24	0,38	0,38
S2	0,15	0,70	0,15	0,29	0,71	0
S3	0,2	0,65	0,15	0,43	0,57	0
S4	0,2	0,45	0,35	0,43	0	0,57
S5	0,15	0,45	0,40	0,29	0	0,71
S6	0,05	0,70	0,25	0	0,71	0,29
S7	0,05	0,55	0,40	0	0,29	0,71

[1]$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100%; A, B e C são repetições da mesma formulação (ponto central).

Os sherbets experimentais foram acondicionados em embalagem de polietileno de alta densidade (PEAD) de 2l com tampa, e armazenado em freezer a -18ºC. Os efeitos das concentrações de açúcar, de leite e de polpa de jambolão sobre a dureza, a elasticidade, a coesividae, a gomosidade, a luminosidade (L*), os sólidos solúveis totais (SST) e a taxa de derretimento (TD) dos sherbets foram determinados, assim como o efeito das interações entre os ingredientes principais.

8.2.3 Características físicas dos sherbets experimentais

As análises de textura foram realizadas segundo o método de TPA (Texture Profile Analysis), utilizando texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra), com 10 corridas por formulação experimental. As amostras de shebets foram colocadas em recipientes de PEAD com diâmetro de 30mm e altura de 45mm, e levadas ao freezer a temperatura de -18°C, até o momento das análises. Foram empregados parâmetros iguais aos utilizados por Aime et al. (2000): probe cilíndrico com 20mm de diâmetro (P/20), *tiger force* de 5g, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2mm s^{-1}, e distância de penetração de 15 mm, sob temperatura de 25°C. Os atributos do TPA de dureza (gf), elasticidade (mm), coesividade (adimensional) e gomosidade (gf) foram registrados e analisados com o auxílio do software (Texture Exponent Lite, Versão 4.0.13.0, Surrey, Inglaterra) acoplado ao equipamento. O teste de derretimento foi

conduzido de acordo com o procedimento descrito por Granger et al. (2005), com modificações descritas a seguir. A amostra de sherbet de 100mL, foi mantida em congelador -18°C e após isso, transferida para tela metálica com abertura de 5mm, disposta sobre uma proveta previamente tarada. A 28°C, o volume de sherbet drenado foi registrado a cada 5min. A partir dos dados obtidos em triplicata foi construído gráfico do tempo em função do volume de sherbet derretido, e com regressão linear determinou-se a velocidade ou taxa de derretimento (TD) (mL min^{-1}). A L* foi lida em um colorímtero (Hunter-Lab, Color QUEST II, Reston, EUA), com os valores variando entre o zero (preto) e cem (branco), sendo realizada 6 leituras por amostra. O teor de SST foi obtido segundo a Association of Oficial Analytical Chemistry (AOAC, 2010), utilizando refratômetro digital (Reichert, R^2mini, New York, EUA), e expresso em ºBrix.

8.2.4 Análise microbiológica e aceitação sensorial dos sherbets experimentais

Contagem de coliformes a 45ºC, *Estafilococos coagulase positiva* e *Salmonella* foi realizada de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2001). Para obtenção da nota sensorial para aceitação dos sherbets, em relação aos atributos sabor, textura e avaliação global, utilizou-se escala hedônica de nove pontos (9 - gostei extremamente, 5 - nem gostei nem desgostei e 1 - desgostei muitíssimo), e delineamento em blocos ao acaso (STONE; SIDEL, 2004). Foi pré-estabelecido que o produto fosse considerado aceito quando pontuasse escore médio maior do que seis. Cinquenta consumidores adultos de ambos os sexos foram recrutados de acordo com o interesse em participar da pesquisa. O teste foi realizado em um Laboratório de Análise Sensorial. As amostras foram servida de forma monádica sequencial, em cabines individuais sob luz branca. Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFG, sob protocolo CAAE n° 25778613.0.0000.5083.

8.2.5 Composição química e atividade antioxidante do sherbet selecionado

A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante; as cinzas por incineração em mufla à 550ºC; a proteína considerando-se 6,25 como fator de conversão para o cálculo do nitrogênio obtido pelo método de Kjeldalh em proteína bruta; os lipídios por extração com éter de petróleo pelo método Soxhlet, e a fibra alimentar solúvel e insolúvel pelo o método enzímico gravimétrico, todas as análises segundo as metodologias recomendadas pela AOAC (2010). Os açúcares redutores e os totais foram determinados pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 540nm. Os carboidratos foram estimados por diferença. O valor energético total foi calculado por meio

dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), onde carboidratos digeríveis possuem 4,0kcal g^{-1}, os lipídeos 9,0kcal g^{-1} e a proteína 4,0kcal g^{-1}.

Os compostos fenólicos totais (CFT) foram determinados de acordo com o método proposto por Roesler et al. (2007). A amostra foi dissolvida em metanol P.A., a fim de se obter uma concentração de 0,5mg de sólidos mL^{-1}. Para reação colorimétrica, uma alíquota de 500µL da solução metanólica dos extratos com concentração de 5µL líquido mL^{-1} foi adicionada a 2,5mL de solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau a 10g $100g^{-1}$, e 2,0mL de carbonato de sódio a 7,5g $100g^{-1}$. A mistura foi incubada durante 5min em banho-maria a 50°C para desenvolvimento de cor, e a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 760 nm, utilizando o branco da amostra como referência. A quantificação dos CFT da amostra foi realizada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e expressa em $Eq._{AG}$ $100g^{-1}$.

O conteúdo de antocianinas foi estimado por espectrometria. Para a extração dos compostos antociânicos utilizou-se 1g de amostra, a qual foi adicionado 25mL de solução de etanol pH 1,0, incubando por uma hora a temperatura ambiente, e logo após efetuada a leitura no comprimento de onda de 520nm. Os resultados foram expressos em $mg_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$ (BARCIA et al., 2012).

O teor de flavonóides totais (FT) foi determinado de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), através de reações da amostra com $NaNO_2$, $AlCl_3$ e NaOH, seguidas de leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível, Cambridge, Inglaterra) a 510nm. A amostra foi diluída em água na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, seguido de ultrassonicação a 10°C durante 30 min. Posteriormente, a mesma foi diluída em diferentes concentrações. A quantificação dos FT da amostra foi obtida por meio de curva padrão preparada com catequina e expressa em $Eq._{CAT}$ $100g^{-1}$.

Os taninos hidrolisados (TH) foram estimados colorimétricamente (BRUNE; HALBERG; SKANBERG, 1991), e a leitura realizada em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/Visível – Pharmacia, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 680nm, usando metanol para zerar o equipamento. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico de 1 a 140mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em $Eq._{AG}$ $100g^{-1}$. Os taninos condensados (TC) foram estimados colorimétricamente, segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), em que a quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de catequina entre 600 e 1200mg L^{-1}, e os resultados foram expressos em $Eq._{CAT}$ $100g^{-1}$.

A atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1picrilhidrazila ($DPPH^{\bullet}$) foi realizado conforme o método proposto por Roesler et al. (2007), com algumas modificações. Uma solução de $DPPH^{\bullet}$ 0,004g 100 g^{-1} (m v^{-1}), com intervalo de absorbância entre 0,8 e 1,2 a 517nm, foi preparada e estocada a 4°C em frascos de cor âmbar até o momento da análise. A amostra foi extraída em metanol na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, ultrassônica a 10°C durante 30min, diluída em diferentes concentrações, e estas incubadas durante 30min ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi adotado para estabelecimento da curva padrão de Trolox e preparação do branco (sem adição da amostra). O metanol foi utilizado para corrigir a linha de base. O percentual de decréscimo na absorbância foi medido pela concentração, e a capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada, lida a 517nm em leitor de microplaca Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha), com auxílio do software de análise de dados Mars Data Analysis versão 1.3 e os resultados foram expressos em % de inibição e em µg $_{TE}$ mg^{-1}.

A atividade antioxidante total foi determinada através do ensaio com $ABTS^{\bullet+}$, obtido pela reação de 5mL de ABTS (7Mm) com 88µl de persulfato de potássio 140mM (concentração final de 2,45mM), conforme método descrito por Re et al. (1999). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente por 16h em ausência de luz. Uma vez formado o $ABTS^{\bullet+}$, o mesmo foi diluído com água destilada até obter valor de absorbância de 0,7000±0,02 a 734nm, e os resultados foram expressos em % de inibição e em µg $_{TE}$ mg^{-1}.

O Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC foi realizado conforme o método descrito por Prior et al. (2003) e Dávalos; Gomes-Cordovés e Bartolomé (2004), com algumas modificações. Todos os reagentes e diluições das frações hidrofílicas e lipofílicas das amostras foram preparados no dia da análise, exceto o Trolox. Este foi solubilizado em etanol absoluto de modo a atingir concentração de 1500µM, aliquotado em microtubos e armazenado a -80°C até o momento de uso. As reações ocorreram em microplacas de poliestireno, específicas para reações de fluorescência, contendo 96 compartimentos. Para cada leitura foi preparada uma curva padrão de Trolox específica para a avaliação da fração hidrofílica e/ou lipofílica, seguida de diluições apropriadas. Todas as leituras foram realizadas em leitor de microplacas Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha), e os resultados foram expressos em µmol $_{TE}$ mg^{-1}. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

8.2.6 Análise estatística

Modelos polinomiais foram ajustados a cada resposta e estimaram-se os coeficientes numéricos através dos modelos canônicos Scheffe para três componentes: modelos lineares e

interações. Esses modelos foram sujeitos à análise de variância (ANOVA), para avaliar o nível de significância do efeito da concentração de cada componente da mistura sobre cada resposta, o coeficiente de determinação (R^2) e a falta de ajuste (FA). Para a obtenção do delineamento experimental, análise de dados e construção de gráficos foi utilizada o software Statistica 7.0 (Statsoft, versão 7.0, Tulsa, USA). As respostas das análises foram conjuntamente otimizadas, usando a função multi-resposta ou a função desejabilidade. Para determinação do sherbet experimental de maior desejabilidade compararam-se os valores obtidos nas análises físicas com um padrão comercial (sorvete de morango Creme e Mel®). Desta maneira para os atributos de textura, como a dureza desejaram-se valores intermediários, para a coesividade, gomosidade menores e para a elasticidade maiores. Já para L* desejou-se realçar a cor escura (menores valores), combinando com o fruto escolhido (cor roxa); enquanto para TD valores intermediários e para SST os maiores. Para o ensaio de validação dos modelos, utilizou-se a formulação de maior desejabilidade. Confrontaram-se os resultados esperados com os observados, com três repetições originais e análises em replicata. As médias das notas sensoriais foram comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade para verificar diferenças entre na aceitação dos sherbets experimentais.

8.3 Resultados e Discussão

Todos os modelos polinomiais calculados a partir dos resultados obtidos (Apêndice C) foram significativos ($p \leq 0,05$) (Apêndice D1 A D7), os coeficientes de correlação de modelos explicaram 85 a 99% das respostas, e a falta de ajuste foi significativa somente para dureza e luminosidade (Tabela 14). Waszczynskyj, Rao e Silva (1981) sugeriram que sempre que o erro médio quadrático puro assume valores muito baixos em comparação com o total de erros, a falta de ajuste significativa deve ser considerada irrelevante. Desta forma, todos os modelos puderam ser considerados preditivos. Em todos os modelos para os atributos de textura dos sherbets as interações foram significativas, com exceção da interação entre o leite e polpa de jambolão (x_2x_3) para dureza, elasticidade e coesividade. Para L*, TD e SST os efeitos das interações não foram significativos (Tabela 14 e Apêndices E1 a E7). A partir do modelo ajustado para o atributo dureza obteve-se o diagrama triangular de curva de nível (Figura 9).

Tabela 14. Modelos polinomiais, falta de ajuste (FA), nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para dureza (gf), elasticidade (mm), coesividade (adimensional), gomosidade (gf), luminosidade (L*) (adimensional), taxa de derretimento (mL min^{-1}) e SST (ºBrix) dos sherbets de acordo com os pseudo-componentes de açúcar (x_1), leite (x_2) e polpa de jambolão (x_3).

Propriedade	Modelo	p	FA	R^2
Dureza	$y = \mathit{18749x_1} + 26874x_2 + 33955x_3 - 95703x_1x_2 - 103044x_1x_3$	0,01	0,01	0,99
Elasticidade	$y = 2,94x_1 + \mathit{0,11x_2} + 0,62x_3 - \mathit{2,41x_1x_2} - 3,45x_1x_3$	0,03	0,88	0,9
Coesividade	$y = 1,54x_1 + 0,11x_2 + 0,13x_3 - 2,18x_1x_2 - 2,23x_1x_3$	0,04	0,05	0,96
Gomosidade	$y = 7478,9x_1 + 3011,0x_2 + 5026,4x_3 - 19520,8x_1x_2 - 24196,2x_1x_3 - 1804,7x_2x_3$	0,01	0,15	0,99
L*	$y = 81,40x_1 + 61,32x_2 + 30,23x_3$	0,01	0,03	0,88
TD	$y = 3,01x_1 - 1,42x_2 + 1,25x_3$	0,01	0,52	0,85
SST	$y = 46,54x_1 + 17,85x_2 + 15,84x_3$	0,01	0,08	0,98

Efeitos em itálico não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

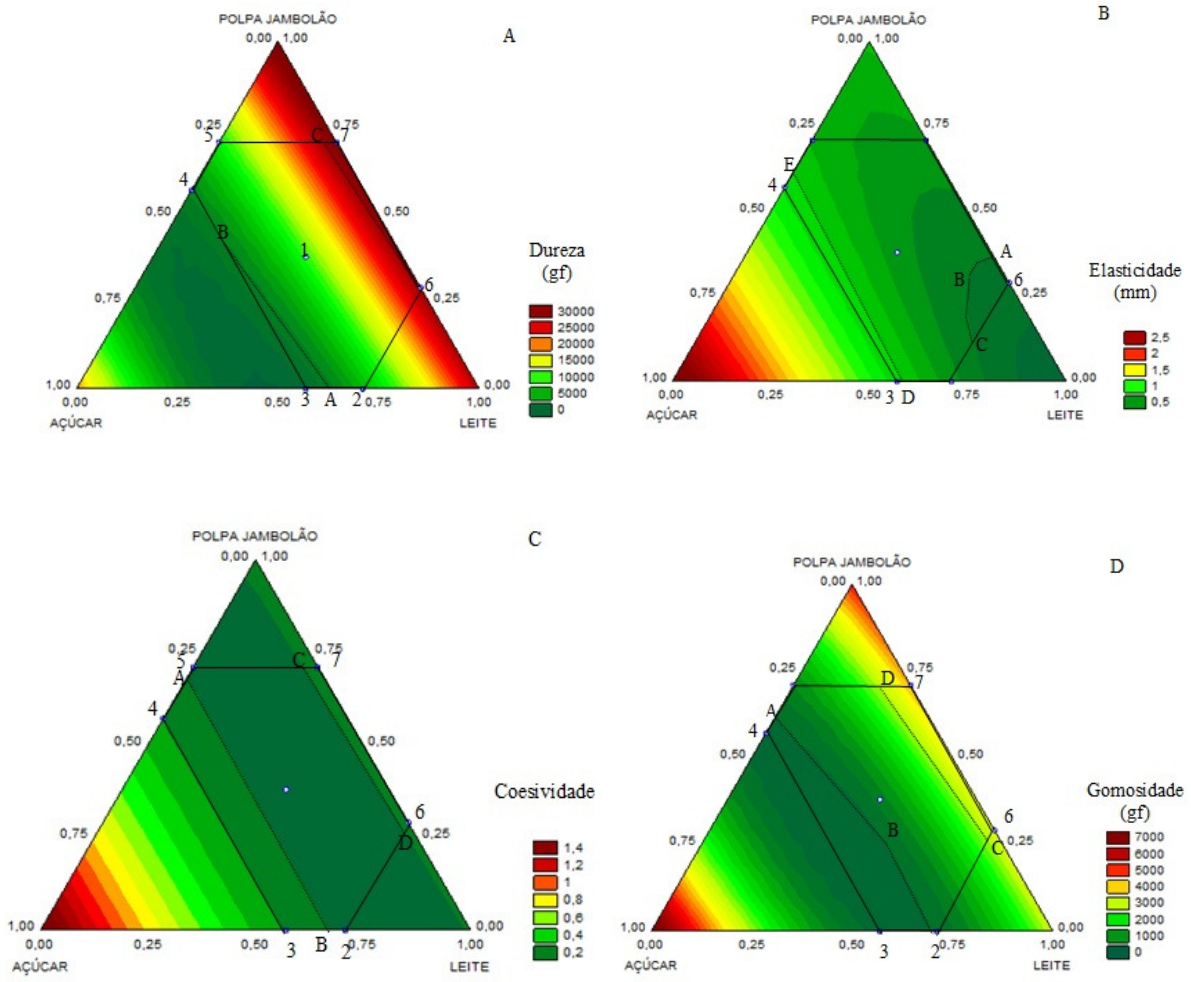


Figura 9. Dureza (A), elasticidade (B), coesividade (C) e gomosidade (D) em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

Independente da quantidade de leite ou de polpa de jambolão, com redução do açúcar nas formulações obtiveram os valores mais altos para a dureza dos sherbets (Figura 9 A), dentro da área gráfico compreendida entre os pontos 6, 7, C, com coordenadas em pseudocomponentes de açúcar (0:0,71:0,29), leite (0:0,29:0,71) e polpa de jambolão (0,04;0,25:0,71). Em proporções reais, representam formulações com quantidades de açúcar entre 5 e 6g 100 g^{-1} de leite de 54 a 70g 100g^{-1} e de polpa de jambolão de 25 a 40g 100g^{-1}. No modelo para a dureza, somente o efeito do teor de açúcar (x_1) não foi significativo (Tabela 12 e Apêndice E1), mas as interações do açúcar com o leite (x_1x_2) e o açúcar e a polpa de jambolão (x_1x_3) foram marcantes para a dureza dos sherbets, como pode ser verificado pela magnitude dos coeficientes destas interações. Por outro lado, valores mínimos de dureza (abaixo de 5000gf) foram encontrados

dentro da área estudada em regiões compreendidas entre os pontos 3, A, B, com coordenadas em pseudocomponentes (0,43:0,57:0), (0,36:0,64:0) e 0,42:0,16:0,42, respectivamente, ou seja, formulações com 18 a 20g $100g^{-1}$ de açúcar, 50 a 67g $100g^{-1}$ de leite e 15 a 30g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão conferiram menor dureza aos sherbets. Os açúcares além de realçar a percepção dos sabores, contribuem para diminuir a dureza ou aumentar a maciez, pois são anti-congelantes, ou seja, diminuem o ponto de congelamento da mistura (FANIN; SARACCHI, 2006). A gordura do leite, contribui para uma textura mais suave e melhora o corpo do gelado comestível, interage com outros ingredientes, e confere cremosidade e estrutura (SOUZA et al., 2010), que é mais desejável para este tipo de produto. Entretanto, neste ensaio ocorreu uma interação negativa entre o açúcar e o leite e o açúcar e a polpa sobre a dureza dos sherbets de jambolão. A interação açúcar e polpa apresentou efeito negativo sobre a dureza, pois, a pectina presente na polpa da fruta interagiu com o açúcar, em meio ácido, aumentando a viscosidade, uma vez que o açúcar juntamente com a pectina é responsável pela formação do gel (LOFGREN; HERMANSSON, 2007). Assim, a dureza do sherbet diminuiu quando se adicionou mais polpa de jambolão à formulação, pois aumentou o teor de pectina, formação e a força do gel.

O aumento da quantidade de leite, polpa e açúcar resultou em valores mais altos de elasticidade, embora o efeito do leite isoladamente não foi significativo (Tabela 14). Enquanto a interação açúcar e polpa (x_1x_3) apresentou efeito negativo. Maior elasticidade podem ser visualizados na área do gráfico entre os pontos 3, 4, D, E (Figura 9 B), ou seja, quando os teores de açúcar variaram de 18 a 20g $100g^{-1}$, leite de 45 a 65g $100g^{-1}$ e polpa de jambolão de 15 a 35g $100g^{-1}$. Os menores valores de elasticidade foram obtidos na área do gráfico compreendidas entre os pontos 6, A, B, C, em formulações com teores de açúcar entre 5 a 11g $100g^{-1}$, leite de 66 a 70g $10g^{-1}$, e polpa de jambolão de 19 a 28g $100g^{-1}$. Com o aumento do açúcar (x_1) e diminuição da polpa (x_3), os sherbets de jambolão tornaram-se mais elásticos. A característica de elasticidade, neste caso, está diretamente relacionada com a dureza, pois a maior concentração de açúcares (sacarose) e diminuição da acidez (polpa) na formulação levou a uma maior maciez do produto e consequentemente uma maior percepção na elasticidade. O mesmo efeito foi observado no aumento da concentração de açúcar em marshmallow (QUEIROZ; RAFFAINI; FADINI, 2003). Pois os açúcares tendem a ocupar os espaços intra e intercelulares no lugar da água, deixando o produto mais viscoelástico (ARGANDOÑA; NISHIYAMA; HUBINGER, 2002).

A interação do leite com o açúcar (x_1x_2) também foi negativa para a elasticidade dos sherbets (p=0,11), ou seja, menores teores de açúcar e maiores de leite, resultaram no aumento

da elasticidade. Silva et al. (2013), avaliaram o perfil de textura em sorvetes produzidos com leite de cabra de diferentes raças e leite bovino e verificaram que os valores de elasticidade variaram entre 20,90 a 24,8mm, sendo 93,4 e 96,94%, respectivamente superiores ao maior valor observado neste trabalho (0,27 a 0,76mm). Os sorvetes contêm maiores teores de leite do que os sherbets (METWALLY, 2007), por isso maior a elasticidade em sorvetes.

Os maiores valores de coesividade dos sherbets experimentais de jambolão foram observados na área entre os pontos 3, 4, A, B e 6, 7, C, D (Figura 9 C) em que os teores de açúcar na formulação variaram de 15 a 20g 100 g^{-1}, leite de 45 a 68g $100g^{-1}$ e de polpa de jambolão de 15 a 40g $100g^{-1}$, e 5 a 17g $100g^{-1}$ de açúcar, 45 a 70g $100g^{-1}$ de leite e 15 a 40g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, respectivamente. As interações do açúcar com o leite e açúcar e polpa de jambolão também foram negativos (Tabela 14). A elevação do teor de polpa ou de leite e a diminuição do açúcar aumentam a umidade da amostra, aumentando assim as ligações de hidrogênio, permitindo maior interação entre as moléculas hidrofílicas (ZHANG; HAN, 2006; LU; XIAO; XU, 2009), aumentando a coesividade da amostra. Pois, coesividade é à medida que um material pode ser deformado antes de se romper ou o grau para o qual a substância é comprimida entre os dentes antes de quebrar (SZCZESNIAK, 2002). Oliveira e Benassi (2010) observaram que pudins com maior teor de açúcar apresentaram maior coesividade em comparação com os dietéticos, mesmo efeito do açúcar isolado (Tabela 14) foi observado no presente estudo.

Todos os ingredientes isoladamente apresentaram efeito significativo e positivo para gomosidae. No entanto, todas as interações entre os componentes apresentaram forte influência negativa sobre a gomosidade (Tabela 14 e Apêndice E.4). Os maiores valores de gomosidade foram obtidos para os sherbets de jambolão na área do gráfico localizado entre os pontos 6, 7, C, D (Figura 9 D), ou seja, teores de açúcar de 5g $100g^{-1}$ a 8 g $100g^{-1}$, de leite de 52g $100g^{-1}$ a 70g $100g^{-1}$ e de polpa de jambolão de 24g $100g^{-1}$ a 40g $100g^{-1}$. Já os menores valores de gomosidade foram observados na área do gráfico (Figura 9 D) entre os pontos 2, 3, 4, A, B, onde os teores de açúcar variaram de 15 a 20g $100g^{-1}$, o leite de 45 a 70g $100g^{-1}$ e a polpa de jambolão de 15 a 37g $100g^{-1}$. Gomosidade é a energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado pronto para engolir (SZCZESNIAK, 2002). A polpa de jambolão apresentou alguns pedaços particulados e alta umidade, o que pode ter auxiliado a formação de cristais de gelo, que podem ter resultado em maior tempo para desintegrar os sherbets na boca. Segundo Antunes, Motta e Antunes (2003), com o aumento da concentração proteica, ou seja, aumento no teor de leite, ocorre uma modificação na textura dos géis, resultando em um aumento da firmeza e intensificando a retenção de água pela matriz. Esse comportamento é

atribuído, principalmente, a ß-lactoglobulina, que é considerada o principal agente formador de gel, devido à presença de grupos sulfidrilas livres. Quanto maior a quantidade de polpa de jambolão ou leite e menor o teor de açúcar, maior foi a força necessária para romper a estrutura do gel formado nos sherbets. Como a gomosidade é a multiplicação de dureza e coesividade, os mesmos efeitos negativos das interações descritos anteriormente devem ser considerados para a gomosidade.

A cor é diretamente influenciada pelas matérias-primas utilizadas na formulação dos alimentos. A luminosidade (parâmetro da cor instrumental) está relacionada com a quantidade de luz que é refletida pela amostra, ou seja, quanto mais luz refletida, maior será o valor de L* e vice-versa. Este componente expressa à intensidade do branco nas amostras (GUIMARÃES; CALIARI; SOARES JÚNIOR, 2014). Somente efeitos isolados de cada ingrediente foi significativo (Tabela 14 e Apêndice E5). Tendência à maior luminosidade foi observada quando menor a quantidade de polpa de jambolão (Figura 10 A). Os maiores valores de luminosidade (acima de 60) dentro da área estudada foram encontrados na área do gráfico compreendidas entre os pontos experimentais 3, C, D, ou seja, formulações com 17 a 20g $100g^{-1}$ de açúcar, de 62 a 68g $100g^{-1}$ de leite, e 15 a 18g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão. A área com maiores teores de polpa ficou compreendida entre os pontos 7, A, B em formulações com 5 a 8g $100g^{-1}$ de açúcar, com 52 a 58g $100g^{-1}$ de leite e 37 a 40g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão. Quanto maior a quantidade de leite e açúcar, e menor teor de polpa de jambolão, maior foi a luminosidade nos shebrts, já que o sherbet possuía menor quantidade de pigmentos antociânicos presentes na polpa de jambolão, portanto apresenta maior capacidade de refletir a luz. A maior presença de açúcar também resulta em maior luminosidade porque as superfícies vítreas dos cristais de açúcar podem refletir a luz (GUIMARÃES; CALIARI; SOARES JÚNIOR, 2014).

Veigas et al. (2007) comprovaram a existência de elevados teores de antocianinas em frutos de jambolão. Esses resultados sugerem que a polpa de jambolão possui forte potencial como corante, com características desejáveis de solubilidade e estabilidade, poderiam estimular a incorporação de extrato como aditivo natural para ser empregado em alimentos e em formulações farmacêuticas.

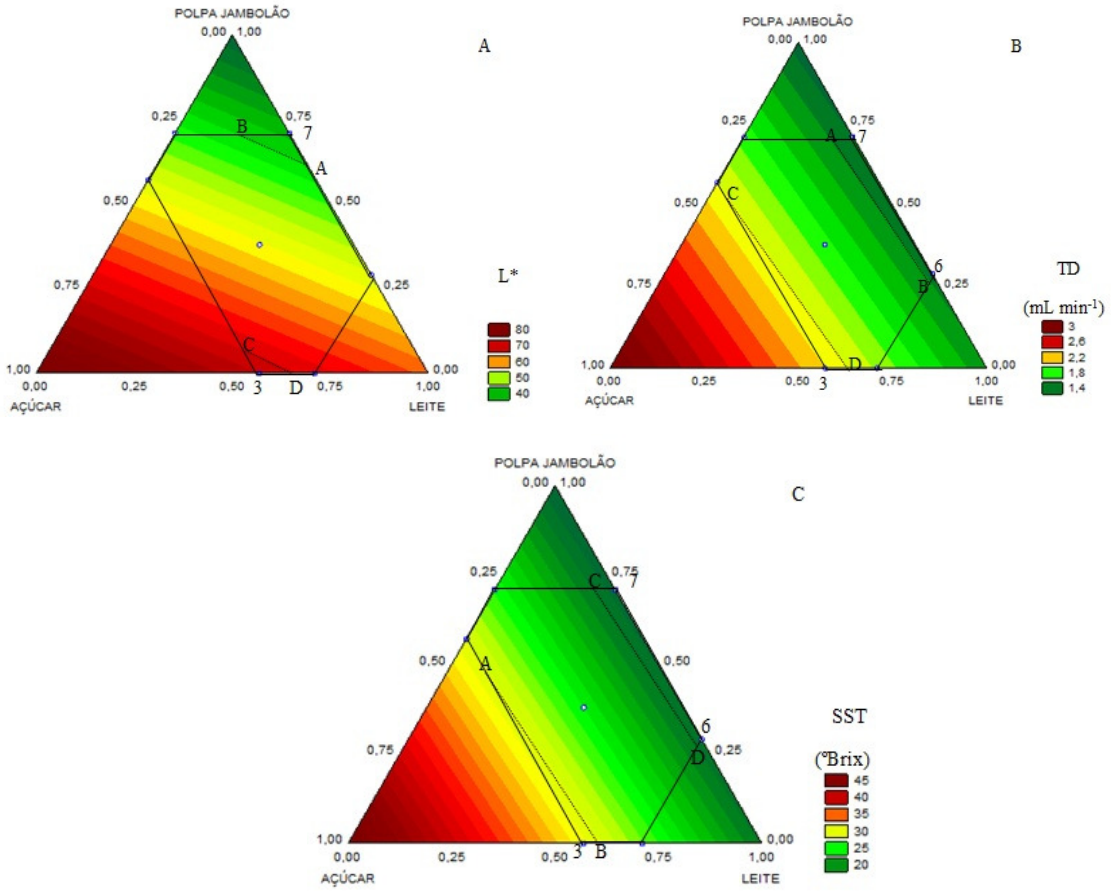


Figura 10. Luminosidade (A), taxa de derretimento (TD) (B) e sólidos solúveis totais (SST) (C) em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

O comportamento dos sherbets durante o derretimento foi analisado por meio do acompanhamento do gráfico do tempo versus o volume de sherbet drenado, que permitiu calcular a velocidade ou taxa de derretimento (TD) (Apêndices F1 a F9). Os menores valores para TD dos sherbets foram encontrados na área compreendidas entre os pontos 6, 7, A, B (Figura 10 B), ou seja, formulações com 5 a 7g $100g^{-1}$ de açúcar, 53 a 70g $100g^{-1}$ de leite e 25 a 40g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão. Enquanto os maiores TD (acima de 2,2mL min^{-1}) entre os pontos 3, C, D, em formulações com teores de açúcar variando entre 18 e 20g $100g^{-1}$, leite de 47 a 67g $100g^{-1}$ e polpa de jambolão de 15 a 35g $100g^{-1}$. O açúcar influência no abaixamento do ponto de congelamento da água, portanto, ocorrendo menor formação de cristais de gelo, diminuindo a resistência à fusão ou seja, aumentando sua TD (EISNER et al., 2005).

O teor de leite nas formulações de sherbets influenciou negativamente o ponto de fusão (Tabela 14 e Apêndice E6), mostrando maior resistência à fusão, devido a maior quantidade de

proteína e gordura. Houve a formação de uma rede tridimensional (cristal de gordura) a partir de glóbulos de gordura parcialmente coalescidos, o que reduziu a TD de gelados comestíveis. Pois, os sólidos desengordurados do leite, compostos por proteína, lactose e minerais, aumentam a viscosidade e a resistência à fusão (FANIN; SARACCHI, 2006). A fusão de gelados comestíveis também é influenciada por inúmeras propriedades, incluindo o tamanho do cristal de gelo, o tamanho das células de ar e teor de ar e, especialmente, pelo tamanho de glóbulo de gordura (GOFF; HARTEL, 2013; MUSE; HARTEL, 2004). À medida que o calor penetra na laje de sorvete, os cristais de gelo começaram a derreter, fenômeno denominado de gotejamento. Assim, a medida da taxa de gotejamento depende do estado dos glóbulos de gordura (medida de desestabilização de gordura) e as células de ar (GOFF; HARTEL, 2013). Neste trabalho, observou-se que houve formação desta rede tridimensional de gordura que reduziu a taxa de derretimento. Koxholt, Eisenmann e Hinrichs (2001) também observaram que o colapso de sorvetes é dependente dos tamanhos de aglomerados de gordura na fase soro descongelada. Indicando que o aumento no teor de leite, consequente aumenta o teor de gordura, influenciando na resistência ao derretimento. Menor TD também foi observado para Silva et al. (2013), que utilizou diferentes tipos de leite em sorvetes, obtendo TD de 29,09% inferior em relação ao maior valor encontrado neste trabalho. Os aspectos estruturais associados com a aglomeração da gordura têm grande influência sobre o comportamento reológico e de derretimento, ou seja, um aumento no grau de aglomeração da gordura reduz a taxa de derretimento e aumenta a viscosidade (LUCAS et al., 2005; GOH, YE, DALE, 2006), fenômeno observado no presente estudo.

O efeito do açúcar foi maior que o do leite e de polpa de jambolão em relação aos teores de SST (Tabela 14 e Apêndice E7). Observou-se grande semelhança entre os gráficos do SST e TD e entre os pontos 3, A, B (Figura 10 C), ou seja, sherbets com19 a 20g $100g^{-1}$ de açúcar, 47 a 66g $100g^{-1}$ de leite e 15 a 33g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, enquanto os menores SST foram verificados entre os pontos 6, 7, C, D, ou seja, formulações com 5 a 7g $100g^{-1}$ de açúcar, leite de 53 a 70g $100g^{-1}$ e de polpa de jambolão de 25 a 40g $100g^{-1}$. Em sherbets de mangaba a adição de polpa da fruta diminuiu a fração de água congelada ocasionando o aumento da umidade e consequentemente, à diminuição no SST (OLIVEIRA et al., 2005). Este efeito também foi observado neste estudo com maior teor de polpa de jambolão e leite e menor açúcar diminuiu o teor de SST.

O sorvete comercial (Creme e Mel®) sabor morango apresentou dureza de 10757,31gf, 0,72mm de elasticidade, 0,07 para coesividade, 672,53 para gomosidade, 70,81gf para L*, 1,32mL min^{-1} para TD e 37,6ºBrix para SST. Considerando estes valores, o teste de

desejabilidade indicou que a formulação mais desejável foi aquela com a mistura 0,32:0:0,68 em pseudocomponentes, de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente (Figura 11). Equivalente a formulação de sherbets experimental com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão.

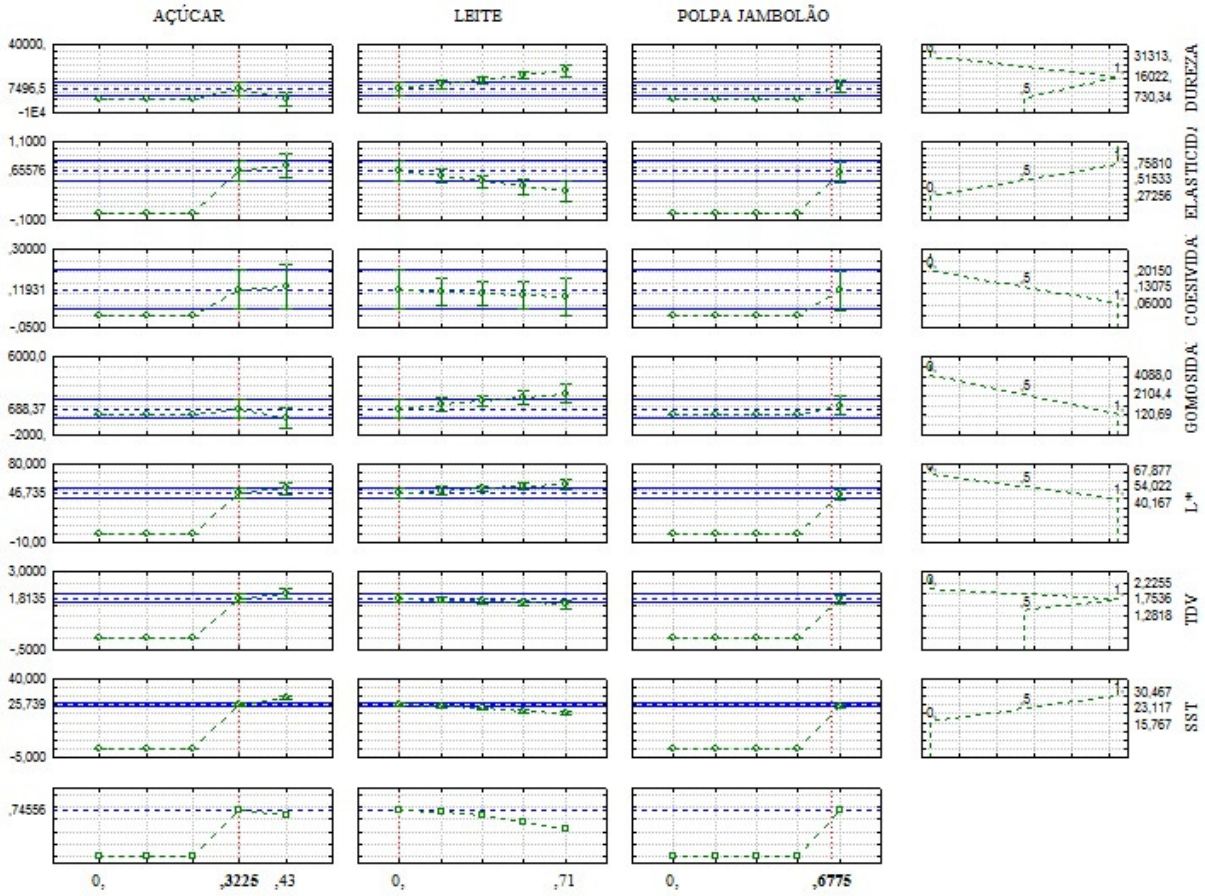


Figura 11. Desejabilidade física e química dos sherbets, considerando mais desejável a dureza e TD intermediárias, maior elasticidade e SST e menor coesividade, gomosidade e L*.

Com relação à validação dos modelos, pode-se afirmar que o modelo predito corrobou com os valores encontrados analiticamente (Tabela 15), ou seja, obteve-se sherbets de jambolão com características próximas às preditas pelos modelos, com porcentagens de variação de 36,27% para a dureza, 10,87% para elasticidade, 24,68% para coesividade, 6,8% para L*, 9,95% para TD e 2,8% para SS. Para a gomosidade os valores foram maiores em 62,54%. As diferenças entre os valores analisados e calculados podem ser relacionados aos erros experimentais e ao coeficiente de determinação das equações. Para a confirmação da formulação mais desejada ainda foi realizado a análise sensorial de todos os sherbets

experimentais para avaliar os parâmetros de cor, sabor, sabor, textura, aparência e impressão global.

Tabela 15. Resultados físicos e químicos obtidos e estimulados de acordo com os modelos, no ensaio para a validação dos modelos de dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, luminosidade (L*), teste de derretimento (TD) e sólidos solúveis totais (SST) da formulação de sherbet de maior desejabilidade, formulado com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão.

Parâmetros	Valor estimulado pelo modelo	Valor obtido
Dureza	6666,706	4892,085 ± 8,07
Elasticidade	0,612	0,552 ± 0,09
Coesividade	0,096	0,077 ± 0,01
Gomosidade	546,11	335,984 ± 6,1
L*	46,60	50,00 ± 0,06
TD	1,81	2,01 ± 0,03
SST	25,66	24,96 ± 0,4

A análise microbiológica dos sherbets demonstrou que todos estavam de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC n°12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), obteve-se para coliformes a 45°C e para *estafilococos coagulase positiva*, contagens menores que 10 UFC g^{-1} e para salmonela verificou ausência em 25g.

Em relação ao teste sensorial, para a aparência e cor todas as formulações de sherbets foram aceitas pelos provadores, recebendo escores médios acima de 6,0, sendo que os sherbets S1, S4 e S5 receberam os maiores escores, que não diferiram entre si (Tabela 16). Já em relação ao sabor pode-se observar que S2, S3, S4 e S5 apresentaram os maiores escores médios, pois possuíam os maiores teores de açúcar, sendo que as formulações com menores teores de açúcar (5g $100g^{-1}$), não foram aceitas pelos consumidores. Os consumidores brasileiros preferem sabores mais doces (HANSEN et al., 2008). Quanto à textura, S1, S2, S3, S4, e S5 obtiveram escores médios acima de 6,9 e diferiram de S6 e S7, também devido possuírem o menor teor de açúcar (5g $100g^{-1}$) destes. Pois, o açúcar reduz o ponto de congelamento da água, ocasionado à formação de cristais de gelo, que conferem menor cremosidade e sensação de arenosidade. S6 e S7 também apresentaram os menores escores em relação a impressão global. De forma geral,

S4 e S5, que possuem os menores teores de leite e elevados teores de polpa de jambolão e açúcar, obtiveram as maiores médias, com notas acima de gostei moderadamente, para todos os parâmetros analisados sensorialmente, reconfirmando o teste de desejabilidade físico e químico, cuja formulação foi intermediária entre S4 e S5.

Tabela 16. Escores médios dos sherbets experimentais de jambolão.

	Sherbets Experimentais						
Atributo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Aparência	$7,7^{AB}$	$6,9^{BC}$	$7,5^{ABC}$	$7,9^{A}$	$8,0^{A}$	$6,1^{D}$	$6,8^{CD}$
Cor	$7,9^{AB}$	$6,6^{CD}$	$7,1^{BCD}$	$7,8^{AB}$	$8,2^{A}$	$6,3^{D}$	$7,4^{BC}$
Sabor	$5,2^{BC}$	$6,1^{AB}$	$6,7^{A}$	$6,1^{AB}$	$6,4^{A}$	$4,6^{C}$	$4,6^{C}$
Textura	$7,3^{A}$	$7,2^{A}$	$7,6^{A}$	$7,3^{A}$	$7,1^{A}$	$5,4^{B}$	$5,6^{B}$
Odor	$6,3^{AB}$	$6,6^{A}$	$6,8^{A}$	$6,1^{ABC}$	$6,1^{ABC}$	$5,7^{BC}$	$5,3^{C}$
Impressão global	$6,4^{AB}$	$6,6^{AB}$	$8,5^{A}$	$6,7^{AB}$	$6,8^{AB}$	$5,2^{B}$	$5,4^{B}$

*Médias seguidas de letras diferentes, em cada linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os sherbets experimentais utilizados na análise sensorial foram: S1 (13,4;58,3;28,3), S2 (15;70;15), S3(20;65;15), S4 (20;45;35), S5 (15;45;40), S6 (5;70;25) e S7(5:55:40), (proporção de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente).

Foi realizada uma nova análise sensorial na formulação de maior desejabilidade e obteve-se escores médios para aparência, cor, sabor, textura, odor e impressão global de 8,1; 8,3; 6,3; 7,7; 6,4; 7,1, respectivamente, mostrando que esta nova formulação foi ainda mais aceita entre os provadores que os S4 e S5.

O sherbet de jambolão que obteve maior desejabilidade apresentou poucas variações, quanto aos teores de proteínas e cinzas, +32% e -8,16%, respectivamente, quando comparado ao sorvete de leite de vaca sabor goiaba (Tabela 17), enquanto os teores de açúcares totais e lipídeos apresentaram 33,13% e 73% superior no sorvete em relação ao sherbet, respectivamente. A diferença entre o teor de lipídeos do sorvete em relação ao sherbet foi devido ao sorvete apresentar maior quantidade de leite. O sherbet de jambolão foi 71,51% menos calórico do que sorvete de chocolate relatado por Sabatini et al. (2011), já que o sherbet contém menor teor de lipídeos.

Tabela 17. Composição centesimal (g $100g^{-1}$) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) do sherbet de maior desejabilidade formulado com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão de acordo com os modelos preditos.

Componente*	Base úmida (b.u)[1]	Sorvete de leite de vaca sabor goiaba (CORREIRA et al., 2008) (b.u)[1]
Umidade	73,09 ± 0,07	-
Cinza	0,49 ± 0,04	0,45 ± 0,02
Proteína	2,041 ± 0,07	3,0 ± 0,1
Lipídeos	0,81 ± 0,05	3,0 ± 0,2
Açúcar redutor	6,12 ± 0,06	3,89 ± 0,19
Açúcar total	19,82 ± 0,12	29,64 ± 0,75
Fibra alimentar solúvel	0,0078 ± 0,0	-
Fibra alimentar total	0,0289 ± 0,0	-
Carboidratos	23,5401	-
Valor energético total	109,6144	-

* Valores constituem média ± desvio-padrão de três repetições e três triplicatas.

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) observado no sherbet de maior desejabilidade (Tabela 18) foi superior ao do extrato bruto da fruta de mirtilo reportado por Yi et al. (2006), que variou de 4,9 a 6,4g $Eq._{AG}$ $100g^{-1}$, mostrando assim a alta capacidade antioxidante do produto. O alto teor de CFT presente em algumas frutas está relacionado com sua atividade antioxidante, proporcionando efeitos benéficos à saúde, como na prevenção de doenças cancerígenas (EICHHOLZ et al., 2011).

O teor de antocianinas encontradas no sherbet de jambolão de maior desejabilidade foi 80,4% inferior ao encontrado em mirtilo frescos da variedade *Vaccinium corymbosum* L. por Moze et al. (2011), de 212,4mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$. Benherlal e Arumughan (2007) estudaram o fruto de jambolão e encontraram 134mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$, 61,6% superior ao encontrado no presente trabalho. O menor teor de antocianinas nos sherbets de jambolão em relação aos dos frutos pode ser explicado pelo processamento, já que este pigmento é sensível a mudanças de pH, luz, temperatura, íons metálicos e oxigênio (CAVALCANTI; SANTOS; MEIRELES, 2011; SHIPP; ABDEL-AAL, 2010).

Tabela 18. Compostos bioativos e atividade antioxidante (obtido pelos métodos DPPH, ABTS e ORAC) do sherbet de maior desejabilidade formulado com 16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão de acordo com os modelos preditos.

Resposta*	Resultados
Compostos Fenólicos Totais (mg Eq. $_{AG}$ mg^{-1})	96,86 ± 3,43
Antocianinas (mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$)	51,51 ± 2,49
Flavonóides Totais (µg Eq. $_{CAT}$ mg^{-1})	29,24 ± 1,05
Taninos Hidrolisados (g Eq. $_{AG.}$ $100g^{-1}$)	0,15 ± 0,02
Taninos Condensados (g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$)	8,07 ± 0,65
Atividade Antioxidante (DPPH) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	0,30 ± 0,02 ou 74%)
Atividade Antioxidante (ABTS) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	3,83 ± 0,0 ou 87,19%
Atividade Antioxidante (ORAC) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	3340,02 ± 0,88

* Valores constituem média ± desvio-padrão de três repetições originais e três triplicatas. Eq. $_{AG}$= equivalente a ácido gálico; Eq. $_{CAT}$= equivalente a catequina, $_{TE}$= trolox equivalente.

O teor de flavonóides totais (FT) encontrados no sherbet de jambolão de maior desejabilidae foi 99,54% e 99,76% superior, ao relatado em polpa de jambolão por Luximon-Ramma; Bahorun e Crozier (2003) (13,5mg $100g^{-1}$) e por Benherlal e Arumughan (2007) (7mg $100g^{-1}$), respectivamente. Os flavonóides têm várias funções fisiológicas, tais como antioxidante, bem como efeitos protetores UV (KOES; QUATTROCCHIO; MOL, 2005). A diferença nos teores de flavonóides pode ser explicada por diferença metodologias utilizadas (FARIA, MARQUES, MERCADANTE, 2011).

Os CFT, FT e antocianinas foram 99,9%, 96,9% e 75,6% superiores no fruto de jambolão encontrados por Faria, Marques e Mercadante (2011), de 148,3mg $_{AG}$ $100g^{-1}$, 91,2mg $_{CAT}$ $100g^{-1}$ e 210,9mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$, respectivamente, em relação ao sherbet. Estas diferenças pode ser atribuída à variabilidade inerente os produtos.

Pode-se também observar uma menor concentração de taninos condensados (TC) em relação aos CFT, indicando a provável presença de compostos fenólicos simples, como os ácidos fenólicos ou taninos hidrolisáveis (TH) (ROCHA et al., 2011). Barcia et al. (2012), que avaliaram o teor de taninos em frutos de jambolão cultivados na região de Pelotas, Capão do Leão e Santa Vitória do Palmar, observaram que o teor de taninos condensados (14 a 35g Eq. $_{CAT}$ 100 g^{-1}) foi superior do que para taninos hidrolisados (0,48 a 2,15g Eq. $_{AG}$ 100 g^{-1}). Esta mesma relação foi observada neste trabalho (Tabela 18), o que pode influenciar positivamente

aspecto sensorial, pois os taninos condensados possuem menor capacidade de complexação com proteínas do que taninos hidrolisados, resultando em uma baixa adstringência (MONTEIRO et al., 2005).

Em relação à atividade antioxidante observou-se que a metodologia ORAC obteve os maiores resultados para a atividade antioxidante (Tabela 18). O ORAC tem sido considerado um dos métodos mais eficientes para os sistemas biológicos. Isso porque mensura a capacidade da amostra em inibir reações de oxidação induzidas por espécies reativas de oxigênio pertencente ao grupo de radicais livres denominados "peroxila" (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005). Os resultados obtidos para atividade antioxidante pelo método ORAC do sherbet de jambolão foi 99,67% superior ao verificado em mirtilo convencional ($44.4 \pm 2.14 \mu m_{TE}\ g^{-1}$) por You et al. (2011).

Para a eliminação de radicais livres, método DPPH, o sherbets de jambolão apresentou quase que o dobro de descoloração que o mirtilo cultivado na Corrêia, por Hwang et al. (2014), que obtiveram 40,6% de inibição do extrato com concentração de $500 \mu g\ mL^{-1}$. Outro método eficaz de medir a atividade de radical é através do ensaio por ABTS. Estes mesmos autores encontraram 8,6% de inibição pelo método ABTS para a mesma concentração. Os resultados do presente estudo mostraram que o sherbet de jambolão possui maior atividade antioxidante do que o extrato de mirtilo. O método ABTS foi mais eficaz que o DPPH (Tabela 18), pois o mesmo necessita ser gerado antes por reações químicas (como o perssulfato de potássio) ou enzimáticas, e, é solúvel tanto em água como em solventes orgânicos, permitindo a análise tanto de amostras hidrofílicas como lipofílicas (ARNAO, 2000).

O DPPH é um radical livre e necessita de um elétron ou hidrogênio radical para se tornar uma molécula estável, que é amplamente utilizado para investigar a atividade de eliminação de radicais (GÜLÇIN, 2012). Chiou et al (2014), avaliaram a atividade antioxidante de groselhas na safra de 2011 por DPPH e obtiveram 142 a $193 \mu mol_{TE}\ 100g^{-1}$, valores 25,8 a 45,4% inferiores ao encontrado neste trabalho. Portanto, o sherbet de jambolão possui alta capacidade de doar elétron para um radical livre, conferindo alta capacidade antioxidante, por isso seu consumo deve ser recomendado e estimulado.

8.4 Conclusão

Variações nos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão acarretam alterações nas características tecnológicas dos sherbets. Elevada dureza está relacionada com quantidades altas de polpa de jambolão e de leite e baixas de açúcar. Teores de açúcar altos estão relacionados com maior taxa de derretimento, elasticidade, coesividade e luminosidade. A formulação com maior desejabilidade (16g $100g^{-1}$ de açúcar, 45g $100g^{-1}$ de leite e 39g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão), foi mais aceita entre os provadores em relação a todos os atributos sensoriais. O consumo deste produto deve ser recomendado, devido a aspectos nutritivos e a presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante, pois recentemente, o interesse na busca de novos antioxidantes naturais tem crescido, pois a produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) está associada a muitas doenças crônicas, enquanto o uso de antioxidantes sintéticos geralmente conduz a problemas de toxidade. O sherbet é uma aplicação possível para os fruto de jambolão, e pode agregar valor aos mesmos. Portanto, o jambolão tem potencial de ser usado como um ingrediente na indústria de gelados de forma isolada ou em mistura com outras frutas, com sabores mais marcantes.

REFERÊNCIAS

AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOLMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, Ottawa, v. 34, n. 2-3, p. 237-246, 2001.

ANTUNES, A. E.C.; MOTTA, E. M. P.; ANTUNES, A. J. Perfil de textura e capacidade de retenção de água de géis ácidos de concentrado proteico de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 23, p. 183-189, 2003.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysi**s. 18ª ed. 3ª rev. Washington DC USA, 2010, 1096p.

APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.

ARGANDOÑA, E. J. S.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, M. D. Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1803-1810, 2002.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a pratical case. **Trends in Food & Tecnology**, Cambridge, v. 11, n. 11, p. 421, 2000.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **The chemical composition of American food materials**. Washington: Government Printing Office, 1896. 46p.

BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. S.; MARTINS, W. F.; RODRIGUES, M. S. A., FLORENTINO, E. R. Avaliação do Perfil Microbiológico de Gelados Comestíveis Comercializado em Capina Grande – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 5, n. 3, 2010.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. P. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, India, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.

BENHERLAL, P. S.; ARUMUGHAN, C.. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on *Syzygium cumini* fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 14, p. 2560-2569, 2007.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**: design, innovation and discovery. Tornto: Wiley, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção I, p. 45-53.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of iron-binding phenolic groups in foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 128-131, 1991.

CAVALCANTI, R. N.; SANTOS, D. T.; MEIRELES, M. A. A. "Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview." **Food Research International**, v. 44, n. 2, p. 499-509, 2011.

CHIOU, A.; PANAGOPOULOU, E. A.; GATZALI, F.; DE MARCHI, S.; KARATHANOS, V.T. Anthocyanins content and antioxidant capacity of Corinthian currants (*Vitis vinifera* L., var. Apyrena). **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 146, p. 157-165, 2014.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.

EICHHOLZ, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; KELLER, A.; ULRICH, D.; KROH, L. W.; ROHN, S. UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 60-64, 2011.

EISNER, M. D.; WILDMOSER, H.; WINDHAB, E. J. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Amsterdam, v. 263, n. 1, p. 390-399, 2005.

FANIN, F. C.; SARACCHI, P. A. **Tecnologia de gelados comestíveis**. 2ª ed. São Paulo: Senai-SP, 2006. 66p.

FARIA, A. F.; MARQUES, M. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification of bioactive compounds from jambolão (*Syzygium cumini*) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 4, p. 1571-1578, 2011.

GIDLEY, M. J. Naturally functional foods - Challenges and opportunities. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 13, n. 1, p. 31, 2004.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Ice cream. 7. ed. New York: USA: Springer, 2013.

GOH, K. K. T.; YE, A.; DALE, N. Characterization of ice cream containing flaxseed oil. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 8, p. 946-953, 2006.

GRAAF, C. D.; FREWER, L.; TRIJP, H. V. **Sensory influences on food choice and food intake**. Understanding consumers of food products, 2006. 30-66p.

GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGENDORFF, V.; CANSELL, M. Influence of formulacion on the structural networks in ice cream. **International of Dairy**, Barking, v. 15, n. 3, p. 255-262, 2005.

GÜLÇIN, İ. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, New York, v. 86, n. 3, p. 345-391, 2012.

GUIMARÃES, F. I. T.; CALIARI, M.; SOARES JUNIOR, M. S. instrumental analysis of texture, color and acceptance of instant dessert formulated with broken-rice grains. **Food Science and Technology Research**, Tokyo, v. 20, n. 4, p. 785-792, 2014.

HANSEN, D. D. S.; SILVA, S. A.; FONSECA, A. A. O.; HANSEN, O. A. D. S.; FRANÇA, N. O. Chemical characterization of fruit native Baiano Reconcavo jenipapeiros aiming to natural consumption and industrialization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 964-969, 2008.

HERRERA, M. L.; GATTI, M. L.; HARTEL, R. W. A kinetic analysis of crystallization of a milk fat model system. **Food Research International**, Ottawa, v. 32, n. 4, p. 289-298, 1999.

HWANG, S. J.; YOON, W. B.; LEE, O.H.; CHA, S. J.; KIM, J. D. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 146, n. 1, p.71-77, 2014.

KOES, R. E.; QUATTROCCHIO, F.; MOL, J. N. M. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: Function and evolution. **BioEssays**, Malden, v. 16, n. 2, p. 123-132, 2005.

KOXHOLT, M. M. R.; EISENMANN, B.; HINRICHS, J. Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, n. 1, p. 31-37, 2001.

KOKINI, J.; VAN AKEN, G. Discussion session on food emulsions and foams. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 438-445, 2006.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Production of jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly: processing, physical-chemical properties and sensory evaluation. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LIMA, L. A.; SIANI, A. C.; BRITO, F. A.; SAMPAIO, A. L. F.; OLIVEIRA, M. G. M.; R IEHL, H. C. A. S. Correlation of anti-inflammatory activity with phenolic content in the leaves of *Syzygium cumini* (L.) skeels (Myrtaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 860-864, 2007.

LOFGREN, C.; HERMANSSON, M. Synergistic rheological behavior of mixed HM/LM pectin gels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 3, p. 480-486, 2007.

LU, D. R.; XIAO, C. M.; XU, S. J. Starch-based completely biodegradable polymer materials. **Journal of Polymer Science Part C: Polymer Letters,** New York, v. 3, n. 6, p. 366–375, 2009.

LUCAS, T.; RAY, D.; BAREY, P.; MARIETTE, F. N. M. R. Assessment of ice cream: Effect of formulation on liquid and solid fat. **International Dairy Journal**, v. 15, n. 12, p. 1225-1233, 2005.

LUXIMON-RAMMA, A.; BAHORUN, T.; CROZIER, A. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 5, p. 496-502, 2003.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H.D.; HARTEL, R.W. **Ice cream**. 6.ed. New York: Kluwer Academic Publishers, 2003. 375p.

METWALLY, A. M. M. E. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on properties of ice cream with different composition. **International Journal of Food Science and Technology**, Osney Mead,v. 42, n. 8, p. 939-947, 2007.

MIGLIATO, K. F.; MOREIRA, R. R. D.; MELLO, J. C. P.; SACRAMENTO, L.V.S.; CORREA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Quality control of *Syzygium cumini* L. Skeels fruits. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curituba, v. 1, n. 17, p. 94-101, 2007.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MONTEIRO, J. M.; DE ALBUQUERQUE, U. P.; DE LARAUJO, E.; DE AMORIM, E. L. C. Tannins: from chemistry to ecology. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892, 2005.

MOŽE, S.; POLAK, T.; GAŠPERLIN, L.; KORON, D.; VANZO, A.; POKLAR ULRIH, N.; ABRAM, V. Phenolics in Slovenian bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 13, p. 6998-7004, 2011.

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice cream structural elements that effect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, n. 1, p. 1-10, 2004.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, M. G. F.; SOBRAL, P. J. A.; OLIVEIRA, C. A. F.; HABITANTE, A. M. Q. B. Physical properties of mixes to mangaba sherbet. **Brazilian Agricultural Research Corporation**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 581-586, 2005.

OLIVEIRA, A. P. V.; BENASSI, M. T. Sensory evalution of sweetened and dietetic chocolate puddings by free-choice profile. **Ciências agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 6-54, 2010.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER L. G. A Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. **Journal of Agriculture Food Chemistry,** Washington, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

PRIOR, R .L.; HOANG, H.; GU, L. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC FL) of plasma and other biological and food samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 11, p. 3273-79, 2003.

QUEIROZ, M. B.; RAFFAINI, A. C. G. G.; FADINI, A. L. Effect of Adding Inverted Sugar and of Beating Time on the Physical Characteristics of Marshmallow. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 359-364, 2003.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cátion decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

REYNERTSON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. D.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. D.; AGOSTINI-COSTA, T. D. S. Total phenolics and condensed tannins in native fruits from brazilian savanna. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Antioxidant activity of cerrado fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

SABATINI, D. R.; SILVA, K. M.; SANTO, V. R.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C. A. M. Centesimal and mineral composition of powdered carob and its use on preparation and acceptability of an ice cream. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 129-136, 2011.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, E. M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **The Open Food Science Journal**, v. 4, p. 7-22, 2010.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Elsevier. 2004. 658 p.

SILVA, A. C.; PIRES, A. C. S.; MARCONDES, M. I.; SILVA, M. F. Influence of milk type in texture and stability of ice cream. **Journal of Candido Tostes Dairy Institute**, Juiz de Fora, v. 68, n. 393, p. 26-35, 2013.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Ice cream: composition, processing and addition of probiotic. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 155-156, 2010.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Harlow, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TUORILA, H.; MACFIE, H. **Sensory perception as a basis of food acceptance and consumption**. Consumer-led food product development, p. 34-65, 2007.

VEIGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature,stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* Skeels. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 619–627, 2007.

WALKER, J.; BOENEKE, C. A.; SRIWATTANA, S.; HERRERA-CORREDOR, J. A.; PRINYAWIWATKUL, W. Consumer acceptance and purchase intent of a novel low-fat

sugar-free sherbet containing soy protein. **Journal of Food Quality**, Malden, v. 33, n. 1, p. 27-41, 2010.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; DA SILVA, R. S. F. Extration of proteins from wheat bran: Application of carbohydrasees. **Cereal Chemists**, Saint Paul, v. 58, n. 4, p. 264-266, 1981.

YOU, Q.; WANG, B..; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P. G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 125, n. 1, p. 201-208, 2011.

YI, W.; AKOH, C. C.; FISCHER, J.; KREWER, G. Effects of phenolic compounds in blueberries and muscadine grapes on HepG2 cell viability and apoptosis. **Food Research International**, Ottawa, v. 39, n .5, p. 628-638, 2006.

ZHANG, Y.; HAN, J. H. Plasticization of pea starch films with monosaccharides and polyols. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 71, n. 6, p. 253 - 261, 2006.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

9 ACEITAÇÃO, PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE NÉCTARRES DE JAMBOLÃO

SOARES, J. C. Aceitação, propriedades físicas e químicas de néctar de jambolão. In:____. Aproveitamento Alimentar de jambolão. Parte 2, p. 161-186. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, GO*.

RESUMO

A indústria de bebidas está investindo na expansão da produção de sucos e néctares prontos para beber, já que o consumo de frutas tem proporcionado efeitos benéficos para a manutenção da saúde e prevenção de doenças, devido à presença de compostos fenólicos relacionados com sua atividade antioxidante. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar influência de diferentes proporções de polpa de jambolão, açúcar e água sobre as características físicas e químicas e aceitação dos néctares experimentais, buscando agregar valor ao jambolão e incentivar a sua produção pela indústria de bebidas e uso pelos consumidores. Seis formulações de néctares de jambolão foram estabelecidas por meio do delineamento Simplex, e luminosidade (L*), viscosidade (VA), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT foram determinados. As respostas foram conjuntamente otimizadas usando uma função multi-resposta para determinação do néctar experimental de maior desejabilidade, e considerou-se para comparação um néctar comercial de goiaba. A formulação de néctar com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água, de maior desejabilidade, foi aceita pelos provadores e recebeu nota 6 para a impressão global, além de apresentar poucas variações quando comparado ao fruto *in natura* em relação ao teor de umidade (87,7g $100g^{-1}$), proteínas (0,5g $100g^{-1}$), lipídeos (0,1g $100g^{-1}$) e carboidratos (10,6g $100g^{-1}$), enquanto, o teor de antocianinas no néctar foi 50,82% menor ao encontrado na polpa de jambolão (134,0mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$). O néctar de jambolão apresentou 85,1% de descoloração do DPPH, sendo superior ao encontrado em néctares de amora-preta e mirtilo. Conclui-se que é possível produzir néctar de jambolão com características físicas, químicas e sensoriais desejáveis, o que pode ampliar as possibilidades de aplicação da fruta como ingrediente na indústria alimentícia.

Palavras-chave: *Syzygium cumini*, Simplex, desejabilidade, viscosidade, análise sensorial, capacidade antioxidante**.**

---

*Artigo a ser submetido. Comitê orientador: Márcio Caliari – UFG (orientador), Manoel Soares Soares Júnior – UFG (co-orientador).

ACCEPTANCE, PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF JAMBOLAN NECTARS

ABSTRACT

The beverage industry is investing in the expansion of production of ready to drink juice and nectar, as the consumption of fruit has provided benefits for the maintenance of health and prevention of disease due to the presence of phenolic compounds related to its antioxidant activity. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of different proportions jambolan pulp, sugar and water on the physical and chemical characteristics and acceptance of experimental nectars, seeking to add value to jambolan and encourage their production by the beverage industry and use by consumers. Six nectars formulations jambolan were established by the Simplex design, and lightness (L*), viscosity (VA), titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS) and TSS / TA ratio were determined. Responses were optimized jointly using a multi-response function to determine the experimental nectar greater desirability, and it was considered for comparison a commercial guava nectar. The nectar formulation with 55g $100g^{-1}$ jambolan pulp, 15g $100g^{-1}$ of sugar and 30g $100g^{-1}$ of water, greater desirability, and was accepted by the panelists received a score of 6 for the overall impression, as well as presenting few changes when compared to fresh fruit compared to the moisture content (87.7g $100g^{-1}$) protein (0.5g $100g^{-1}$), lipids (0.1g $100g^{-1}$) and carbohydrates (10.6g $100g^{-1}$), while the content of anthocyanins in the nectar was 50.82% lower than that found in the pulp jambolan (134.0mg cyanidin-3-glucoside $100g^{-1}$). The nectar jambolan showed 85.1% of the DPPH discoloration, higher than found in nectar of blackberry and blueberry. It follows that it is possible to produce nectar jambolan physical, chemical and sensory desirable, which can expand the application possibilities of the fruit as an ingredient in food industry.

Keywords: *Syzygium cumini*, Simplex, desirability, viscosity, sensory analysis, antioxidant capacity.

9.1 Introdução

Estudos apontam que o consumo regular de frutas proporciona efeitos benéficos para a manutenção da saúde e prevenção de doenças (KOK; VAN BREDA; MANSON, 2008), fato decorre principalmente da presença de compostos fenólicos em algumas frutas. A fruta da planta jambolão (*Syzygium cumini*), pertencente à família *Myrtaceae* (VEIGAS et al., 2007), tem despertado interesse, por possuir propriedades nutricionais, devido à alta concentração de compostos fenólicos no mesocarpo, que apresenta cor roxa em função à presença de antocianinas (EVERETTE et al., 2010).

O fruto jambolão é rico em compostos fenólicos, como o ácido elágico, flavonóides como a quercitina e a rutina, e antocianinas, como a delfinidina-3-glicosídeo, a petunidina-3-glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo. Estes compostos possuem alta capacidade antioxidante, diminuindo assim o risco de doenças coronarianas (AYYANAR; SUBASH-BABU, 2012). Além de se destacar por sua ação antiinflamatória, estimulante do sistema nervoso central, anticonvulsivante, anti-hemorrágica e antiescorbútica (SAGRAWAT; MANN; KHARYA, 2006). Somado a essas vantagens, o jambolão tem características favoráveis para a indústria de bebidas devido à presença desses pigmentos naturais, pois a cor é um importante atributo sensorial de néctares (TROŠT et al., 2008), pois é sendo um grande atrativo para os consumidores.

Entre as demandas de pesquisa sobre o jambolão, ressaltam-se a adequação de tecnologias convencionais e o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor a esta fruta (BANERJEE; DASGUPTA, 2005). Por outro lado, o mercado de bebidas tem se apresentado em constante ascensão e com tendência de aumento do consumo de alimentos mais saudáveis e funcionais, visando à prevenção contra doenças. Desta forma, a indústria está investindo na expansão da produção de sucos e néctares prontos para beber (MONTEIRO, 2006).

Devido à escassez de informações científicas e tecnológicas para viabilizar a utilização do jambolão na produção de néctar, o presente trabalho tem como objetivo avaliar influência de diferentes proporções de polpa de jambolão, açúcar e água sobre as características físicas, químicas, microbiológicas e na aceitação dos néctares experimentais, visando o aproveitamento e agregação de valor aos frutos, incentivo à produção de néctares de jambolão pela indústria de bebidas, e seu uso pelos consumidores.

9.2 Material e Métodos

9.2.1 Obtenção da matéria-prima

Os frutos foram colhidos de árvores plantadas nas ruas da cidade de Goiânia, entre os meses de janeiro a março de 2014, no estádio de maturação próprio para consumo. A colheita manual foi realizada com auxílio de uma escada para evitar o contato do fruto com o solo. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) e em caixas de poliestireno expandido, e transportados ao Laboratório de Processamento de Vegetais da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG. Após a seleção para eliminar os frutos danificados com pragas e podridões, os mesmos foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200mg L^{-1}) durante 20min, secos a temperatura de 25ºC, despolpados em equipamento automático (Itametal, 025 df A8, Itabuna, Brasil), embalados em porções de 1kg em sacos de PEBD, e armazenados em freezer a -18ºC.

9.2.2 Processamento dos néctares (delineamento experimental)

Para a produção dos néctares foi utilizado água potável fornecida pela Saneago (Goiânia, Goiás, Brasil), açúcar cristal (Cristal®) e polpa de jambolão. Os teores máximos e mínimos dos componentes das misturas ternárias (formulação) dos néctares foram pré-estabelecidos em ensaios preliminares. A polpa de jambolão variou entre 30 e 50g $100g^{-1}$, açúcar de 5 a 15g $100g^{-1}$ e a água entre 30 e 65g $100g^{-1}$. Por meio da utilização de delineamento Simplex (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com seis misturas e duas repetições no ponto central. A partir das faixas de proporção dos ingredientes determinaram-se os valores em pseudocomponentes (Tabela 19).

No processamento, a polpa de jambolão foi descongelada a temperatura de 25ºC e homogeneizada com açúcar e água em liquidificador industrial (Siemsen, D560484, Jaraguá do Sul, Brasil). Cada néctar foi envasado em garrafa de vidro com capacidade de 1L, previamente sanitizada em água fervente por 20min, pasteurizado a 90ºC por 60s, resfriados em água corrente, e recravados com tampas metálicas de forma manual. As garrafas contendo o néctar de cada mistura foram armazenadas em geladeira a 5ºC. Os efeitos da polpa de jambolão, do açúcar e da água sobre a viscosidade aparente a 25°C (VA), a luminosidade colorimétrica (L*), a acidez titulável (AT), o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a relação SST/AT dos néctares experimentais foram determinados, assim como o efeito das interações entre os ingredientes principais.

Tabela 19. Pseudo-componentes e proporção dos ingredientes nas formulações de néctar ou misturas-ternárias (polpa, açúcar e água) definidas pelo delineamento Simplex.

Formulações	Proporção dos Ingredientes			Pseudo-componente		
	Polpa	Açúcar	Água	Polpa (X_1)[1]	Açúcar (X_2)	Água (X_3)
N1 (A)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N1 (B)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N1 (C)	0,44	0,13	0,43	0,4	0,229	0,371
N2	0,55	0,05	0,4	0,714	0	0,286
N3	0,5	0,2	0,3	0,571	0,429	0
N4	0,3	0,2	0,5	0	0,429	0,571
N5	0,55	0,15	0,3	0,714	0,286	0
N6	0,3	0,05	0,65	0	0	1,0

[1]$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ ou 100%. A, B e C são repetições no ponto central.

9.2.3 Propriedades físicas e químicas dos néctares experimentais

A luminosidade foi determinada por meio de colorímtero (Hunter-Lab, Color Quest II, Reston, EUA), com os valores variando entre o zero (preto) e o cem (branco); a VA a 25°C na velocidade 50cP dos néctares de jambolão em viscosímetro (Brookfield, DV-II+, Middleboro, EUA), com *spindle* nº 2 (LV2); a AT por titulação com solução de NaOH 0,1N, segundo método nº 942.15 da AOAC (2006), expressa em concentração de ácido cítrico; e o teor de SST por refratometria, utilizando refratômetro digital (Reichert, R^2mini, New York, EUA), expresso em ºBrix, de acordo com o método nº 932.12, da AOAC (2006). Também calculou-se a relação SST/AT. As análises foram realizadas em triplicata.

9.2.4 Risco microbiológico e aceitação dos néctares experimentais

Contagem de coliformes a 35ºC foi realizada de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2001). Para obtenção da nota sensorial para sabor, textura e avaliação global utilizou-se escala hedônica de nove pontos (9 - gostei extremamente, 5 - nem gostei nem desgstei, e 1 - desgostei muitíssimo), e delineamento em blocos ao acaso (STONE; SIDEL, 2004). O nível de aceitação dos néctares de jambolão foi previamente estabelecido como escore médio maior que cinco (5) para todos os atributos avaliados. Cinquenta consumidores adultos de ambos os sexos foram recrutados de acordo com o interesse em participar da pesquisa. O teste foi realizado em um laboratório de análise sensorial, em duas sessões, para evitar fadiga

sensorial. Três amostras foram servidas aos provadores de forma monódica sequencial, em cabines individuais sob luz branca. Cada amostra foi servida em copos plásticos transparentes e foi oferecido água para eliminar o sabor residual. Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás (protocolo CAAE n° 25778613.0.0000.5083).

9.2.5 Características químicas do néctar selecionado

A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante; as cinzas por incineração em mufla à 550ºC; o nitrogênio total foi obtido pelo método de Kjeldalh, considerando 6,25 como fator de conversão deste em proteína bruta; os lipídios foram extraídos com éter de petróleo pelo método Soxhlet; e as fibras alimentares solúvel e insolúvel pelo o método enzímico gravimétrico, todos recomendados pela AOAC (2010). Os açúcares redutores e os totais foram determinados pelo método ácido 3,5-dinitrossalicílico, segundo Miller (1959), com leitura de absorbância no espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível – Pharmacia, Cambridge, Inglaterra) a 540nm. Os carboidratos foram estimados por diferença. O valor calórico foi calculado por meio dos coeficientes de Atwater e Woods (1896), que considera os carboidratos com 4,0kcal g^{-1}, os lipídeos 9,0kcal g^{-1} e a proteína 4,0kcal g^{-1}.

Os compostos fenólicos totais (CFT) foram determinados de acordo com o método proposto por Roesler et al. (2007). A amostra foi dissolvida em metanol P.A., a fim de se obter uma concentração de 0,5mg de sólidos mL^{-1}. Para reação colorimétrica, uma alíquota de 500µL da solução metanólica dos extratos com concentração de 5µL mL^{-1} foi adicionada a 2,5mL de solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau a 10g $100g^{-1}$, e 2,0mL de carbonato de sódio a 7,5g $100g^{-1}$. A mistura foi incubada durante 5min em banho-maria a 50°C para desenvolvimento de cor, e a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra) a 760nm, utilizando o branco da amostra como referência. A quantificação dos CFT da amostra foi realizada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e expressa em equivalente de ácido gálico $100g^{-1}$ ($Eq._{AG}$ $100g^{-1}$).

O conteúdo de antocianinas foi estimado por espectrometria. Para a extração dos compostos antociânicos utilizou-se 1g de amostra, a qual foi adicionado 25mL de solução de etanol pH 1,0, incubando por uma hora a temperatura ambiente, e logo após efetuada a leitura no comprimento de onda de 520nm. Os resultados foram expressos em mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ $100g^{-1}$ (BARCIA et al., 2012).

O teor de flavonóides totais (FT) foi determinado de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), através de reações da amostra com $NaNO_2$, $AlCl_3$ e NaOH, seguidas de

leitura de absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec, 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra) a 510nm. A amostra foi diluída em água na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, seguido de ultrassonicação a 10°C durante 30min. Posteriormente, foi diluída em diferentes concentrações. A quantificação dos FT da amostra foi obtida por meio de curva padrão preparada com catequina e expressa em Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$.

Os taninos hidrolisados (TH) foram estimados colorimétricamente (BRUNE; HALBERG; SKANBERG, 1991), e a leitura realizada em espectrofotômetro (Ultrospec 2.000 UV/ Visível, Cambridge, Inglaterra), no comprimento de onda de 680nm, usando metanol para zerar o equipamento. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de ácido gálico de 1 a 140mg L^{-1}. Os resultados foram expressos em Eq. $_{AG}$ em $100g^{-1}$. Os taninos condensados (TC) foram estimados colorimétricamente, segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), em que a quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão de catequina entre 600 e 1200mg L^{-1}, e os resultados expressos em Eq. $_{CAT}$ 100 g^{-1}.

A atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1picrilhidrazila ($DPPH^{\bullet}$) foi realizado conforme o método proposto por Roesler et al. (2007), com algumas modificações. Uma solução de $DPPH^{\bullet}$ 0,004g $100g^{-1}$ (m v^{-1}), com intervalo de absorbância entre 0,8 e 1,2 a 517nm, foi preparada e estocada a 4°C em frascos de cor âmbar até o momento da análise. A amostra foi extraída em metanol na concentração de 10µL mL^{-1}, homogeneizada em agitador de tubos por 30s, ultrassônicada a 10°C durante 30min, diluída em diferentes concentrações, e incubadas durante 30min ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi adotado para o estabelecimento da curva padrão de Trolox e para preparação do branco (sem adição da amostra). O metanol foi utilizado para corrigir a linha de base. O percentual de decréscimo na absorbância foi medido pela concentração, e a capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada, lida a 517nm em leitor de microplaca Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha),), com auxílio do software de análise de dados MARS Data Analysis versão 1.3 e os resultados foram expressos em % de inibição e em µg $_{TE}$ mg^{-1}.

A atividade antioxidante total foi determinada através do ensaio com $ABTS^{\bullet+}$, obtido pela reação de 5mL de ABTS (7Mm), com 88µl de persulfato de potássio 140mM (concentração final de 2,45mM), conforme método descrito por Re et al. (1999). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente por 12 a 16h em ausência de luz. Uma vez formado o $ABTS^{\bullet+}$, o mesmo foi diluído com água destilada até obter valor de absorbância de 0,7000±0,02 a 734nm e os resultados foram expressos em % de inibição e em µg $_{TE}$ mg^{-1}.

O Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC foi realizado conforme o método descrito por Prior et al. (2003) e Dávalos; Gomes-Cordovés e Bartolomé (2004), com algumas modificações. Todos os reagentes e diluições das frações hidrofílicas e lipofílicas das amostras foram preparados no dia da análise, exceto o Trolox. Este foi solubilizado em etanol absoluto de modo a atingir concentração de 1500µM, aliquotado em microtubos e armazenado a -80°C até o momento de uso. As reações ocorreram em microplacas de poliestireno, específicas para reações de fluorescência, contendo 96 compartimentos. Todas as leituras foram realizadas em leitor de microplacas Novostar (BMG Labtech®, Offenburg, Alemanha) e os resultados foram expressos em $\mu g_{TE}\ mg^{-1}$. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

9.2.6 Análise dos resultados

Modelos polinomiais foram ajustados a cada característica físico-química e estimou-se os respectivos coeficientes através dos modelos canônicos Scheffe para três componentes: modelos lineares e interações. Esses modelos foram sujeitos à análise de variância (ANOVA) para avaliar o nível de significância do efeito da concentração de cada componente da mistura sobre cada resposta, o coeficiente de determinação (R^2) e a falta de ajuste (FA). Para a obtenção do delineamento experimental, análise de dados e construção de gráficos foi utilizada o software Statistica 7.0 (Statsoft, versão 7.0, Tulsa, USA). As respostas físico-químicas determinadas foram conjuntamente otimizadas, usando a função multi-resposta ou a função desejabilidade. Para a seleção do néctar experimental de maior desejabilidade compararam-se os valores obtidos nas análises físicas e químicas com os de um padrão comercial (néctar de goiaba Dell Valle®); para L* desejou-se realçar a cor escura (menores valores), combinando com o fruto escolhido (cor roxa); enquanto para AT, SST, SST/AT, e VA a 25°C a 50rpm os maiores valores. Para o ensaio de validação dos modelos, utilizou-se a formulação de maior desejabilidade. Confrontaram-se os resultados esperados com os observados, utilizando-se três repetições originais, e o néctar selecionado foi avaliado quanto à composição centesimal, CFT, FT, antocianinas, TH, TC e atividade antioxidante. As médias das notas sensoriais foram comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade, para verificar diferenças na aceitação dos néctares experimentais.

9.3 Resultados e Discussão

Todos os modelos polinomiais calculados a partir dos resultados obtidos (Apêndice G) foram significativos ($p \leq 0,01$) (Apêndices H1 a H5), os coeficientes de correlação explicaram 86 a 99% das respostas, e a falta de ajuste foi significativa somente para VA (Tabela 20). Waszczynskyj, Rao e Silva (1981) sugeriram que sempre que o erro médio quadrático puro assume valores muito baixos em comparação com o total de erros, a falta de ajuste significativa deve ser considerada irrelevante, como foi verificado na análise de variância para VA (Apêndice H2) Desta forma, todos os modelos foram considerados preditivos. Os efeitos da concentração de polpa de jambolão, açúcar e água foram significativos para todas as respostas, exceto a polpa de jambolão para a VA. As interações entre a polpa de jambolão e o açúcar foram significativos para a VA e SST, enquanto a interação entre a polpa de jambolão e a água para a VA, e açúcar e água para SST. A partir do modelo ajustado para o atributo luminosidade obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figura 12A).

Tabela 20. Modelos polinomiais, falta de ajuste (FA), nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para luminosidade (L*), acidez titulável (AT) ($g_{ácido\ cítrico}$ 100 $g_{amostra}^{-1}$), sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SST/AT), viscosidade aparente (VA) (Cp) nos néctares experimentais de acordo com os pseudocomponentes para polpa de jambolão (x_1), açúcar (x_2) e água (x_3).

	Modelo	p	FA	R^2
L*	$y = 32,78x_1 + 31,60x_2 + 34,34x_3$	0,01	0,72	0,88
VA	$y = \mathit{20,36x_1} + 625,03x_2 + \mathit{7,80x_3} - 840,81x_1x_2 + 161,75x_1x_3 - 1056,46x_2x_3$	0,01	0,01	0,99
AT	$y = 0,79x_1 + 0,8086x_2 + 0,5461x_3$	0,01	0,31	0,86
SST	$y = 12,91x_1 + 40,43x_2 + 8,89x_3 + 6,61x_1x_2 + 7,13\ x_2x_3$	0,01	0,38	0,99
SST/AT	$y = 16,03x_1 + 15,87x_2 + 17,46x_3$	0,01	0,32	0,94

Efeitos em itálico não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

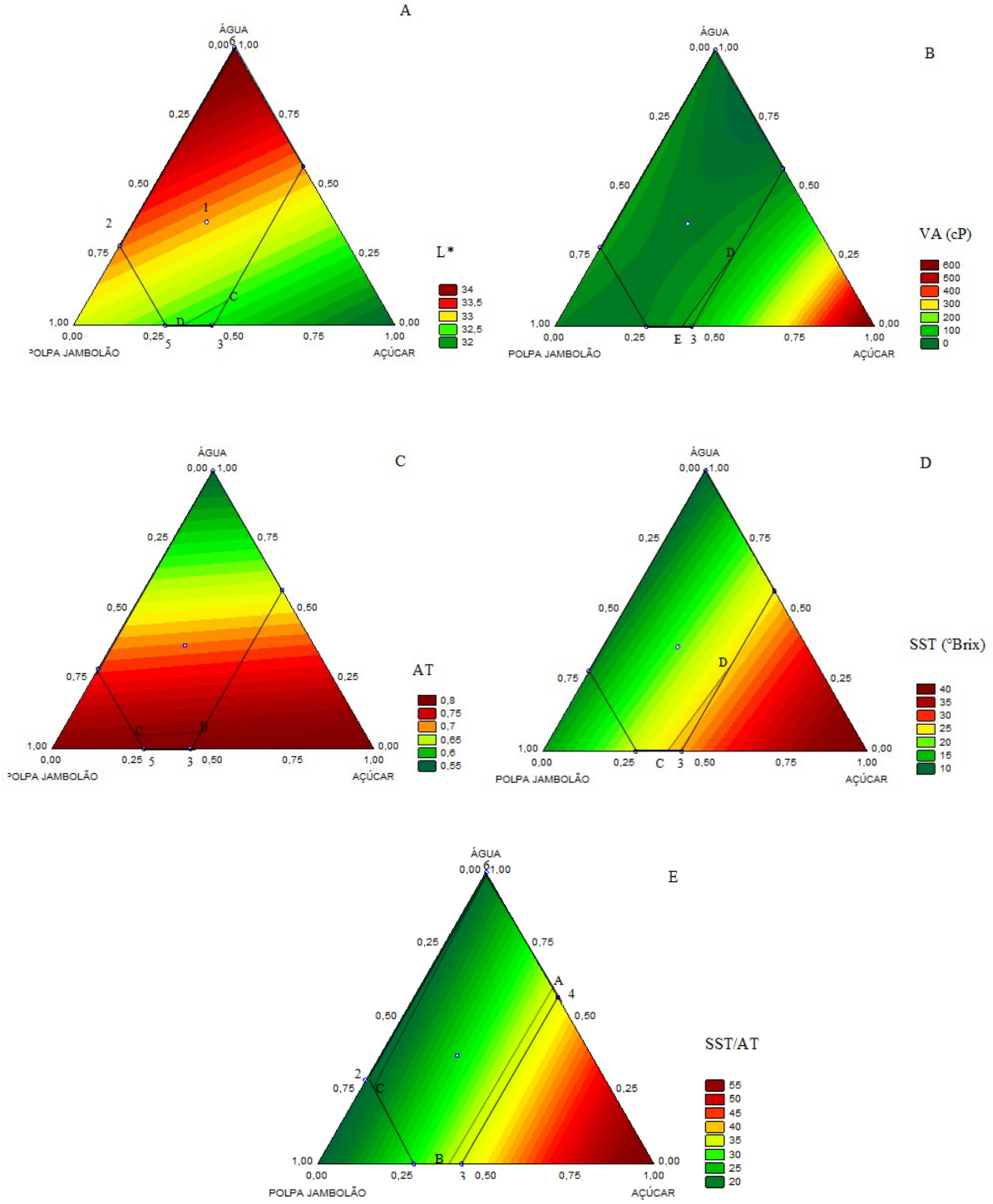


Figura 12. Luminosidade (L*) (A), viscosidade aparente (VA) (B), acidez titulável (AT) ($g_{\text{ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$) (C), sólidos solúveis totais (SST) (D) e relação SST/AT (E) em função dos teores de polpa de jambolão, açúcar e água (em pseudocomponentes). Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

Néctares mais escuros com valores mínimos de L* (abaixo de 33) foram observados na área do gráfico entre os pontos 3, C, D (Figura 10 A), em formulações com concentração de polpa de jambolão entre 44 a 52g $100g^{-1}$, açúcar de 18 a 23g $100g^{-1}$ e água de 30 a 33g $100g^{-1}$.

A cor é diretamente influenciada pelas matérias-primas utilizadas na formulação dos alimentos, e a L* está relacionada com a quantidade de luz que é refletida pela amostra, ou seja, quanto mais luz refletida, mais alto o seu valor (GUIMARÃES; CALIARI; SOARES JUNIOR, 2014). A presença de pigmentos como as antocianinas (cor roxa), na polpa de jambolão atribuiu a menor luminosidade aos néctares, o que foi um atrativo para os consumidores na análise sensorial. Assim, quanto maior a concentração de polpa de jambolão mais escuro o néctar. Soares et al. (2014), avaliaram a cor do epicarpo de frutos de jambolão oriundos de diferentes árvores da cidade de Goiânia-GO, e verificaram que a maior L* foi de 14,18, 56,9% inferior ao maior valor encontrado nos néctares do presente trabalho.

Portanto, os néctares de jambolão apresentaram-se mais claros (maior L*) do que os frutos *in natura*, devido ao epicarpo dos mesmos apresentarem cor entre roxa e preta quando maduros e polpa com coloração branca (AYYANAR; SUBASH-BABU, 2012), e no processo de despolpamento ter removido parte do epicarpo. Observou-se também um clareamento dos néctares após a pasteurização, que provavelmente poderia ser evitado com o tratamento térmico Ultra High Temperature (UHT). De acordo com Wrolstad, Durst e Lee (2005), a estabilidade das antocianinas é afetada pela temperatura, estrutura química, luz, enzimas endógenas ou adicionadas, pH, co-pigmentos. A cor dos alimentos, incluindo os néctares, é um dos fatores de qualidade mais observados pelos consumidores, sendo uma característica sensorial importante para sua comercialização.

A viscosidade aparente (VA) dos néctares de jambolão experimentais variaram de 7,8 a 73,8cP (Apêndice G). Os maiores valores de VA foram obtidos entre os pontos 3, D, e E (Figura 12 B), em formulações com concentração de polpa de jambolão entre 41 e 51 g $100g^{-1}$, açúcar de 19 a 20g $100g^{-1}$ e água de 30 a 38g $100g^{-1}$. As maiores concentrações de polpa de jambolão empregadas nas formulações proporcionaram o aumento de SST, desta forma, a quantidade de água livre na mistura diminuiu, aumentando assim a VA. A VA é altamente afetada em concentrações maiores de 20°Brix (MAGERRAMOV et al., 2007). O que explica o fato do N3 com maior teor de açúcar (20g $100g^{-1}$) possuir maior VA entre as demais formulações experimentais. O movimento molecular dos solutos numa solução é afetado pela quantidade de moléculas presentes e de sua interação com moléculas de água. O efeito da concentração da solução sobre a VA é um fator importante em aplicações industriais, não somente para determinar o consumo de energia para bombear um suco de fruta com alta VA, mas também para resolver problemas relacionados à incorporação de ar, que causam dificuldades na operação das bombas e reações indesejadas, tais como oxidação e contaminação (HAMINIUK et al., 2007). Benitez et al. (2009) mostraram que a viscosidade de uma dispersão coloidal de

sólidos em xaropes é aumentada através do aumento da interação partícula-açúcar e por baixar a atividade da água dos xaropes. A sacarose, com um peso molecular mais elevado do que o da glicose ou frutose, tem uma VA mais elevada para uma solução de mesma concentração (ŠIMUNEK et al., 2013). A glicose e a frutose estão presentes na polpa de jambolão (LAGO; GOMES; SILVA, 2006), e têm menor influência sobre a VA do néctar, já que os néctares possuem maior concentração de sacarose. Mas independentemente das concentrações de polpa e açúcar todas as formulações de néctar de jambolão apresentaram comportamento de fluido não newtoniano e pseudoplástico, uma vez que houve diminuição da VA em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006).

Os maiores valores de AT (próximos de 0,8g $_{\text{ácido cítrico}}$ $100g^{-1}$) foram verificados na área do diagrama formada entre os pontos 3, 5, C, e D (Figura 12 C), em formulações onde a concentração de polpa de jambolão oscilou entre 49 e 55g $100g^{-1}$, açúcar de 14 a 20g $100g^{-1}$ e água de 30 a 31g $100g^{-1}$. Assim, os maiores valores de AT foram obtidos com as maiores concentrações de polpa de jambolão e de açúcar e menores de água. No estudo de Potter et al. (2007), esta tendência também foi observada em bebidas de mirtilo, proteína da soja e edulcorantes. As polpas de frutas são constituídas de ácidos orgânicos, assim quanto maior a concentração de polpa de jambolão na formulação de néctar maior a quantidade de ácidos presentes. A presença ou não de sacarose ou edulcorantes nas bebidas, no entanto, ainda não foi relatada como um fator que afete a acidez dos produtos. A AT é um importante parâmetro de qualidade, pois está envolvida em reações de hidrólise, oxidação e fermentação, que geram mais compostos ácidos que, por consequência, aumentam a acidez do meio (CHIM; ZAMBIAZI; RODRIGUES, 2013), contribuindo com a melhoria do prazo de validade e risco microbiológico de alimentos e bebidas.

Os maiores valores de SST (acima de 25ºBrix) foram verificados na área do diagrama os pontos 3, C, D (Figura 12 D), em formulações com concentração entre 40 e 51g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 19 a 2 g $100g^{-1}$ de açúcar e 30 a 40g $100g^{-1}$ de água. O aumento de polpa e do açúcar nos néctares aumentou o teor de SST. Na polpa dos frutos, o elevado teor dos SST é atribuído à hidrólise do amido, de acordo com a interconvenção dos hidratos de carbono durante o amadurecimento de frutos (JIMÉNEZ et al., 2011). No caso dos néctares de jambolão experimentais, a sacarose foi o açúcar o predominante, e principal responsável pelo aumento dos SST nos mesmos (Tabela 20). No estudo de Barcia et al. (2012), os SST de polpa de jambolão variaram de 13,8 a 19ºBrix, estes valores foram semelhantes aos encontrados no N1 (44,13 e 43g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, açúcar e água, respectivamente). O aumento de SST nas formulações experimentais no presente trabalho foi consequência da incorporação da

sacarose comercial e maiores teores de polpa que são fonte de frutose e glicose, enquanto que a diminuição foi decorrente da diluição em água.

O maior valor da relação SST/AT foi encontrado entre os pontos 3, 4, A e B (Figura 12 E), ou seja, formulações com polpa de jambolão entre 30 e 51g $100g^{-1}$, açúcar de 19 a 20g $100g^{-1}$ e água de 30 a 50g $100g^{-1}$. A relação SST/AT é um indicador utilizado para determinar o balanço do sabor doce/ácido (COUTO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). A polpa de jambolão interferiu de modo negativo na relação SST/AT, diminuindo a relação SST/AT com maior teor de polpa, devido à polpa ter característica ácida. Guraket al. (2008) avaliaram suco de uvas integrais e encontraram valores de SST/AT de 15,31 a 24,44, sendo estes 4,42% a 30,09% inferiores aos encontrados neste trabalho, portanto os néctares de jambolão, que possuem cor semelhante ao suco de uva, apresentaram sabor mais doce e mais ácido em relação ao suco de uva, que pode ser uma vantagem para a indústria de bebidas.

Em um delineamento de misturas é desejável otimizar de forma global as varáveis resposta obtidas. Para a L* desejou-se realçar a cor escura (menores valores), combinando com a cor do fruto escolhido (roxa), enquanto para AT, SST, SST/AT, e VA desejou-se os maiores valores, com base nas características do néctar comercial, cuja análise de viscosidade aparente apontou 57cP, acidez titulável de 0,58g $_{\text{ácido cítrico}}$ 100 g^{-1}, sólidos solúveis totais de 12,6°Brix e relação SST/AT de 16,22. O perfil de desejabilidade pode ser observado na Figura 13.

O resultado do teste de desejabilidade indicou como a formulação de néctar de jambolão mais desejável foi a mistura 0,71:0,29:0 em pseudocomponentes, ou com proporção de 55 g 100 g^{-1} de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água, ou seja, o néctar formulação experimental 5 foi o mais desejável. A validação dos modelos utilizados, confrontando os valores encontrados com os esperados foi realizada utilizando-se os resultados de L*, VA, AT, SST, e relação SST/AT (Tabela 21).

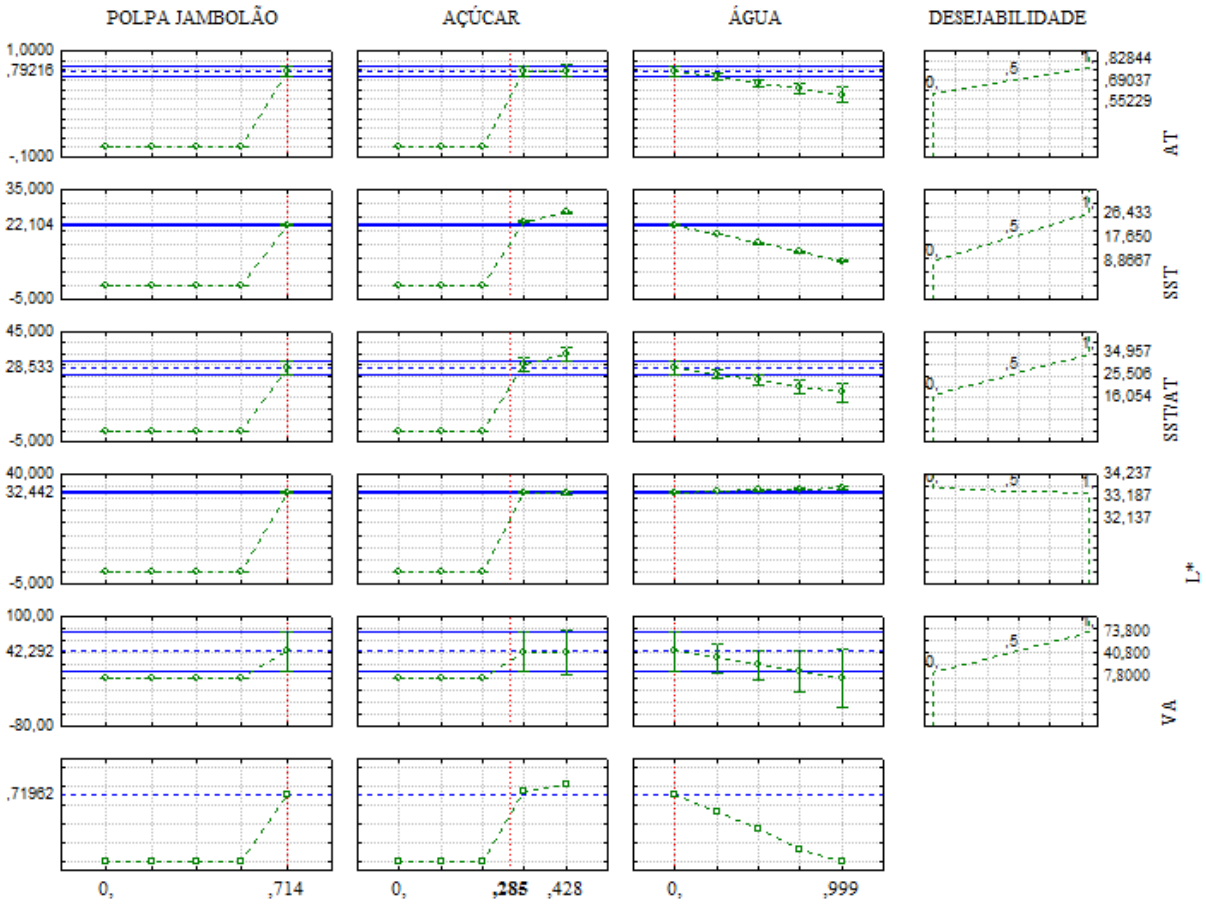


Figura 13. Desejabilidade física e química dos néctares, considerando mais desejável a menor luminosidade (L*) e os maiores valores para viscosidade aparente (VA), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT.

Tabela 21. Resultados físicos e químicos obtidos e estimulados de acordo com os modelos, no ensaio para a validação dos modelos de luminosidade (L*), viscosidade aparente (VA), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT da formulação de néctar de maior desejabilidade (N5) com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 3g $100g^{-1}$ de água.

Parâmetros	Valor estimado pelo modelo	Valor obtido
L*	32,44	33,57 ± 0,04
VA	21,60	29,05 ± 11,08
AT (g $_{\text{ácido cítrico}}$ 100 g^{-1})	0,80	0,86 ± 0,03
SST (°Brix)	22,13	22,42 ± 0,05
SST/AT	15,98	26,07 ± 0,7

Pode-se afirmar que o modelo predito corroborou com os valores encontrados analiticamente, ou seja, obteve-se uma mistura de polpa de jambolão, açúcar e água com características próximas às preditas pelos modelos, com porcentagens de variação de 3,4% para L*, 25,65% para VA, 7% para a AT, 1,29% para SST e 38,7% para relação SST/AT. As diferenças entre os valores analisados e calculados podem ser relacionada aos coeficientes de determinação das equações e aos coeficientes de variação de cada análise.

Na análise microbiológica das formulações de néctares experimentais, foi verificado ausência de coliformes a 35°C em 50mL, estando todas de acordo com os padrões microbiológicos para sucos, refrescos, refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas estabelecidos pela legislação brasileira.

Em relação à cor sensorial, os néctares que obtiveram maiores escores foram o N1 (44; 13; 43) e N5 (55; 15; 30), respectivamente de polpa de jambolão, açúcar e água (Tabela 22), enquanto o menor foi verificado no N6 (30; 5; 65), os demais foram intermediários não diferindo entre si, nem dos demais. Já em relação ao odor e a aparência os provadores não perceberam diferenças entre as amostras. O N5 por possuir mais polpa de jambolão na formulação provavelmente possui maior teor de compostos antociânicos. Estes causam efeitos benefícios para a saúde, devido à prevenção de doenças coronarianas devido a sua capacidade antioxidante (VEIGAS et al., 2007).

Tabela 22. Escores médios dos néctares experimentais de jambolão.

Atributo	Néctar Experimental					
	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Cor	7,6[a]	6,8[ab]	7,0[ab]	7,1[ab]	7,4[a]	6,4[b]
Odor	4,7	4,9	5,3	5,3	5,4	5,0
Sabor	5,3[abc]	4,4[c]	5,4[abc]	5,5[abc]	5,7[a]	4,6[bc]
Textura	5,1[ab]	4,5[b]	5,4[ab]	6,0[a]	5,1[ab]	5,0[b]
Aparência	6,8	6,2	6,7	6,8	6,9	6,0
Impressão global	5,9[ab]	5,1[b]	5,9[ab]	6,1[a]	6,0[ab]	5,3[b]

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os néctares experimentais utilizados na análise sensorial foram: N1 (44;13;43), N2 (55;5;40), N3(50;20;30), N4 (30;20;50), N5 (55;15;30) e N6 (30;5;65), com polpa de jambolão, açúcar e água, respectivamente.

Os néctares N5, N4 e N1 foram aceitos (notas médio > 5), mas o N5 foi considerado a melhor formulação, pois além da maior desejabilidade físico-química, obteve os maiores

escores em relação à cor e sabor, ou seja, possui entre os demais néctares estudados o maior potencial para comercialização, e foi selecionado para a análise química.

O néctar de jambolão é um produto inovador, portanto não há informações na literatura sobre sua composição centesimal e seu valor energético total (Tabela 23). O néctar selecionado (N5) apresentou variações na composição centesimal, quando comparado ao fruto *in natura*, pois segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, o teor de umidade reportado para o fruto jambolão reportado foi de 87,7g $100g^{-1}$, cinzas de 1g $100g^{-1}$, proteínas de 0,5g $100g^{-1}$, lipídeos de 0,1g $100g^{-1}$, carboidratos de 10,6g $100g^{-1}$, fibra alimentar total de 1,8g $100g^{-1}$ e valor energético de 4 kcal $100g^{-1}$ (NEPA, 2011). Entretanto, o néctar de jambolão preservou a maioria das propriedades químicas características do fruto *in natura,* além do sabor e aroma típicos.

Tabela 23. Composição centesimal (g 100 g^{-1}) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) do néctar de maior desejabilidade formulado com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água.

Componente[1]	Base úmida (b.u)
Umidade[2]	78,40+0,3
Cinza[2]	0,22+ 0,04
Proteína[2]	0,35 + 0,04
Lipídeos[2]	0,10 + 0,03
Açúcar redutor[2]	17,89+ 0,06
Açúcar total[2]	19,08 + 0,06
Fibra alimentar solúvel[2]	0,0094+ 0,00
Fibra alimentar insolúvel[2]	0,0013+ 0,00
Fibra alimentar total[2]	0,0107+ 0,00
Carboidratos[2]	20,91
Valor energético total [3]	85,97

[1]Valores constituem média ± desvio-padrão de três repetições originais e três triplicatas; [2] g $100g^{-1}$; [3] kcal g^{-1}.

Os açúcares totais e redutores encontrados para o néctar selecionado (Tabela 23) foram superiores aos valores reportados para o fruto jambolão, os quais apresentaram um teor de 1 g 100 g^{-1} para açúcares redutores segundo Lago, Gomes e Silva (2007). A sacarose, que foi utilizada nas formulações dos néctares é um tipo de açúcar não redutor, porém ele pode se tornar redutor por ação enzimática ou hidrólise ácida (FENNEMA, 2010). A polpa de jambolão é rica

em ácido cítrico, que provavelmente foi responsável pela hidrólise da sacarose, produzindo açúcares redutores (frutose e glicose), o que explica o maior teor destes no néctar de jambolão em relação ao fruto *in natura*. O conteúdo de açúcares totais corrobou com o teor de sólidos solúveis no néctar (Figura 12D).

Lago, Gomes e Silva (2007) encontraram 0,28g $100g^{-1}$ de fibra alimentar total em polpa de jambolão, valor superior ao verificado nos néctares de jambolão, o que se deve a diluição em água, durante o processamento do néctar. O VET indicou que o néctar de jambolão é uma bebida de baixo teor calórico. O açúcar foi quase que exclusivamente o responsável pelo VET, uma vez que o jambolão apresentou teores reduzidos de proteína, lipídios e carboidratos. O néctar de jambolão apresentou elevados teores de compostos fenólicos totais (CFT) em relação a outras frutas (Tabela 24), e a alta atividade antioxidante se relacionou com a quantidade de CFT.

Tabela 24. Compostos bioativos e atividade antioxidante (obtido pelos métodos DPPH, ABTS e ORAC) do néctar de maior desejabilidade formulado com 55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água.

Resposta[1]	Resultados
Fenóis Totais (mg Eq. $_{AG}$ g^{-1})	104,70 ± 5,32
Antocianinas (mg $_{cianidina\text{-}3\text{-}glicosídeo}$ 100 g^{-1})	65,90 ± 0,50
Flavonóides Totais (µg Eq. $_{CAT}$ mg^{-1})	28,24 ± 0,43
Taninos Hidrolisados (g Eq. $_{AG}$. 100 g^{-1})	0,04 ± 0,00
Taninos Condensados (g Eq. $_{CAT}$ 100 g^{-1})	12,08± 1,92
Atividade Antioxidante (DPPH) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	0,26 ± 0,00 ou 85,09%)
Atividade Antioxidante (ABTS) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	3,81 ± 0,00 ou 95,06%)
Atividade Antioxidante (ORAC) (µg $_{TE}$ mg^{-1})	5560,44 ± 1,24

[1] Valores constituem média ± desvio-padrão de três repetições originais e três triplicatas. Eq. $_{AG}$= equivalente de ácido gálico; Eq. $_{CAT}$= equivalente de catequina, $_{TE}$= trolox equivalente.

O teor de CFT no néctar selecionado foi de 104,70mg Eq. $_{AG}$ g^{-1}. Faria, Marques e Mercadante (2011) obtiveram para o fruto de jambolão e seu extrato funcional 148,3 e 86,370mg Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$, respectivamente, sendo 29,4% e 17,6%, maiores e menores, respectivamente, ao encontrado no néctar do presente trabalho (Tabela 24). Esta diferença pode ser explicada pela natureza química dos compostos bioativos, existindo desde as que possuem estruturas simples até aquelas altamente polimerizadas, que incluem diferentes proporções de

ácidos fenólicos, antocianinas, taninos, entre outros. Essas também podem existir em estado complexado com hidratos de carbono, proteínas, ácidos orgânicos, e outros componentes das plantas, formando compostos fenólicos de alto peso molecular (taninos) e os seus complexos que são geralmente insolúveis (CÔTÉ et al., 2010). Assim, extratos fenólicos obtidos a partir dos frutos e matérias-primas vegetais são sempre uma mistura de diferentes classes de compostos fenólicos, e estes dependem do sistema de solventes utilizado para a extração (LASHBROOKE et al., 2010).

O teor de antocianinas no néctar selecionado (Tabela 24) foi 50,82% inferior ao encontrado na polpa de jambolão (134,0mg $_{\text{cianidina-3-glicosídeo}}$ $100g^{-1}$), obtido por Benherlal e Arumughan (2007). Muitos fatores são conhecidos por influenciar a composição de antocianinas, tais como, exposição à luz e a temperatura elevada (ZANATTA et al., 2005). No néctar de jambolão a diluição da polpa, e a sua pasteurização pode ter influenciado no baixo valor de antocianinas quando comparado com a polpa do fruto. Kirca, Ozkan e Cemerog'lu (2006) avaliaram a estabilidade de antocianinas em cenouras pretas adicionado em sucos de frutas (maçã, uva, laranja, tangerina e limão) e néctares (damasco, pêssego e abacaxi), e observaram que houve uma degradação de compostos antociânicos em todos os sucos e néctares, devido ao aquecimento. A maior estabilidade das antocianinas em sucos de maça e uva, que pode ter atribuídos ao teor de ácido ascórbico muito menor de sucos de maçã e uvas do que nos demais. O ácido ascórbico e seus produtos podem acelerar a degradação das antocianinas (CAVALCANTI; SANTOS; MEIRELLES, 2011; SHIPP; ABDEL-AAL, 2010). Este fato também pode ter ocorrido com o néctar de jambolão, já que o mesmo apresentou elevada AT, e provavelmente de ácido ascórbico. Lashbrooke et al. (2010) determinaram as concentrações de antocianinas em néctares de mirtilo comerciais disponíveis na Alemanha, que foram positivamente correlacionadas com a porcentagem de polpa na formulação. Amostras com 40% e 70% de teor de polpa de mirtilo respectivamente, apresentaram concentrações de antocianina de 258 e 386mg L^{-1}, respectivamente. Quando se comparou estes dados com os obtidos no presente trabalho, e considerando a densidade do néctar igual a 1, verificou-se que os néctares de mirtilo apresentaram valores 42,84 a 60,84% menores de antocianinas do que o néctar de jambolão.

O néctar de jambolão selecionado apresentou baixo teor de flavonóides (Tabela 24). Os flavonóides são compostos por várias antocianinas, no entanto, também incluem flavonóis, tais como quercetina (TARUSCIO; BARNEY; EXON, 2004). Os flavonóides têm várias funções fisiológicas, tais como antioxidante, bem como efeito protetor em relação à radiação ultra violeta (KOES; QUATTROCCHIO; MOL, 2005).

O teor de taninos condensados (TC) foi superior ao dos taninos hidrolisados (TH) (Tabela 24). Nos estudos de Barcia et al. (2012), os teores de TC no fruto jambolão variaram de 14,38 a 35,41g Eq. $_{CAT}$ $100g^{-1}$ e de TH entre 0,48 e 2,15g Eq. $_{AG}$ $100g^{-1}$, sendo respectivamente 16 a 65,89% e 91,67 a 98,14% superiores ao encontrado no néctar de jambolão selecionado, apontando a mesma tendência observada neste trabalho, o que influencia positivamente o aspecto sensorial dos frutos. Pois, os TC possuem menor capacidade de complexação com proteínas do que os TH, resultando assim em baixa adstringência. Além disso, os taninos possuem a propriedade de formar complexos com polissacarídeos. Essa complexação leva à formação de uma camada protetora na mucosa do estômago, tornando-a menos permeável e mais resistente a agressões químicas ou mecânicas (MELLO; SANTOS, 2004).

Em relação à atividade antioxidante, observou-se que o método ORAC obteve valores muito mais elevados do que os demais. Este método pode ser considerado como um dos mais adequados aos sistemas biológicos, porque mensura a capacidade da amostra em inibir reações de oxidação induzidas por espécies reativas de oxigênio pertencente ao grupo de radicais livres denominados "peroxila" (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

No néctar de jambolão observou 0,26µg $_{TE}$ mg^{-1} ou 85,09% de descoloração do DPPH (Tabela 24), já em néctares de amora-preta congelada, no tempo zero de armazenamento, houve 75,95% de descoloração do DPPH (ARAÚJO et al., 2009). Portanto, o néctar de jambolão apresentou maior capacidade antioxidante do que o néctar de amora-preta. Esta mesma tendência foi observada em néctar de mirtilo, que apresentou 74% de descoloração (MORAES et al., 2008). Já Paes et al. (2014) avaliando a atividade antioxidante de polpa de mirtilo em solvente metanol, obtiveram 45µmol $_{TE}$ g^{-1}, sendo 66,27% superior (15,18µmol $_{TE}$ g^{-1}) ao encontrado neste trabalho.

De acordo com Beer et al. (2012) resultados semelhantes foram obtidos para atividade antioxidante com o método ORAC e o DPPH em néctar adicionado de resíduo de ameixa. Para DPPH os valores variaram de 2099 a 2534µmol $_{TE}$ L^{-1} e para ORAC 19.205 a 20.352µmol $_{TE}$ L^{-1}. Considerando que 1g equivale a 1mL de néctar, pode-se concluir que os néctares de jambolão foram 50,55 a 59,04% inferiores (1038µmol L^{-1}) em relação ao néctar de ameixa quanto ao método DPPH, e 17,27 a 12,33% superiores (23215µmol L^{-1}), em relação ao método ORAC (Tabela 24).

9.4 Conclusão

É viável a obtenção de néctares a partir de polpa de jambolão. Verificou-se que os atributos físicos e químicos, como AT, SST, relação SST/AT, parâmetros de cor e VA variaram de acordo com a formulação do néctar. O néctar com maior desejabilidade, de acordo com as características físicas e químicas (55g $100g^{-1}$ de polpa de jambolão, 15g $100g^{-1}$ de açúcar e 30g $100g^{-1}$ de água) também foi o mais aceito sensorialmente. O néctar de jambolão possui alto teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante, portanto pode promover benefícios à saúde dos consumidores, e seu consumo deve ser recomendado.

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysi**s. 18. ed. 3ª rev. Washington DC USA, 2010, 1096p.

APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, DC: APHA, 2001, 676 p.

ARAÚJO, P. F. de; RODROGUES, R. da. S.; SANTOS, V. da. SILVA.; SILVA, J. A. Influência do congelamento sobre as características físico-químicas e o potencial antioxidante de néctar de amora-preta. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 199-206, 2009.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **The chemical composition of American food materials**. Washington: Government Printing Office, 1896. 46p.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Singapore, v. 2, n. 3, p. 240-246, 2012.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIARI, R. bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, Saif Zone, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N. de, B. In vitro study of antioxidant activity of Syzygium cumini fruit. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 90, n. 4, p. 727-733, 2005.

BENHERLAL, P. S.; ARUMUGHAN, C. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on *Syzygium cumini* fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 14, p. 2560-2569, 2007.

BENITEZ, E. I.; GENOVESE, B. D.; LOZANO, J. E. Effect of typical sugars on the viscosity and colloidal stability of apple juice. **Food Hydrocolloids**, Washington, v. 23, n. 2, p. 519–525, 2009.

BEER, D.; STEYN, N.; JOUBERT, E.; MULLER, N. Enhancing the polyphenol content of a red-fleshed Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) nectar by incorporating a polyphenol-rich extract from the skins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, n. 13, p. 2741-2750, 2012.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**: design, innovation and discovery. Tornto: Wiley, 2005.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determinationof Iron binding Phenolic groups in Foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 128-131, 1991.

CAVALCANTI, R. N.; SANTOS, D. T.; MEIRELLES, M. A. A. "Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview." **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 2, p. 499-509, 2011.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; RORIGUES, R. da. S. Vitamin c stability in acerola juice under different storage conditions. **Brazilian Journal of Agro-industial Products**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 321-327, 2013.

CÔTÉ, J.; CAILLET, S.; DOYON, G.; SYLVAIN, J. F.; LACROIX, M. Analyzing cranberry bioactive compounds**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 50, n. 9, p. 872-888, 2010.

COUTO, M. A. L; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantification of vitamin C and antioxidant capacity of citrus varieties. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 15-19, 2010.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 14, p. 8.139-8.144, 2010.

FARIA, A. F.; MARQUES, M. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification of bioactive compounds from jambolão (*Syzygium cumini*) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 4, p. 1571-1578, 2011.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**, 4ed. Srinivassan Damodaran, Owen R. Fennema, Kirk. L. Parkin, 2010

GUIMARÃES, F. I. T.; CALIARI, M.; SOARES JUNIOR, M. S. Instrumental Analysis of Texture, Color and Acceptance of Instant Dessert Formulated with Broken-rice Grains. **Food Science and Technology Research**, Tokyo, v. 20, n. 4, p. 785-792, 2014.

GURAK, P. D.; SILVA, M. C.; MATTA, V. M.; ROCHA-LEÃO, M. H.; CABRAL, L. M. C. Physical-chemical evaluation of grape juices, grape nectars and light grape nectars. **Revista de Ciências Exatas**, Seropédica, v. 27, n. 1-2, p.15, 2008.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; BRANCO, I, G.; MACIEL, G. M.; MASSON, M. L. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps. **International Journal of Food Science and Technology**, Osney Mead, v. 42, n. 6, p. 629–639, 2007.

JIMÉNEZ, A. M.; SIERRA, C. A.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J.; OSORIO, C. Physicochemical characterisation of gulupa (Passiflora edulis Sims.) fruit from Colombia during the ripening. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, n. 7, p. 1912-1918, 2011.

KIRCA, A.; ÖZKAN, M.; CEMEROG LU, B. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 97, n. 4, p. 598-605, 2006.

KOES, R.; VERWEIJ, W.; QUATTROCCHIO, F. Flavonoids: a colorful model for the regulation and evolution of biochemical pathways. **Trends in plant science**, Kidlington, v. 10, n. 5, p. 236-242, 2005.

KOK, T. M.; VAN BREDA, S. G..; MANSON, M. M. Mechanisms of combined action of different chemopreventive dietary compounds, A review. **European Journal of Nutrition**, Darmstadt, v. 47, n. 2, p. 51-59, 2008.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Production of jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly: processing, physical-chemical properties and sensory evaluation. **Food Science and Technology,** Campinas, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LASHBROOKE, J. G.; YOUNG, P. R.; STREVER, A. E.; STANDER, C.; VIVIER, M. A. The development of a method for the extraction of carotenoids and chlorophylls from grapevine leaves and berries for HPLC profiling. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Malden, v. 16, n. 2, p. 349-360, 2010.

MAGERRAMOV, M. A.; ABDULAGATOV, A. I.; AZIZOV, N. D.; ABDULAGATOV, I.M. Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, London, v. 80, n. 2, p. 476–489, 2007.

MELLO, J. C. P.; SANTOS, S. C. **Taninos**. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004, p. 615-656.

MONTEIRO, S. Fruta para beber – O caminho da industrialização é alternativa para melhor aproveitamento da matéria-prima e oportunidade para fruticultores obterem melhores ganhos financeiros. **Revista Frutas e Derivados**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 28-31, 2006.

MORAES, R. R.; MORAES, J. O.; PERTUZATTI, P. B.; CORRÊA, F. V.; SALAS-MELLADO, M. M. Study of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) in the process of food products. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2008.

MILLER, G. L. Use of dinitro salicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426 -428, 1959.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação da UNICAMP. **Tabela Brasileira de composição de Alimentos**. 4 ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011. 161p.

PAES, J.; DOTTA, R.; BARBERO, G. F.; MARTÍNEZ, J. Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO_2 and pressurized liquids. **The Journal of Supercritical Fluids**, Cincinnati, v. 95, n. 124, p. 8-16, 2014.

POTTER, R. M.; DOUGHERTY, M. P.; HALTEMAN, W. A.; CAMIRE, M. E. Characteristics of wild blueberry–soy beverages. **LWT - Food Science and Technology**, Ottawa, v. 40, n. 5, p. 807-814, 2007.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER L. G. A Critical Evaluation of the vanillin reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry,** Washington, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

PRIOR, R. L.; HOANG, H.; GU, L. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (Orac FL) of plasma and other biological and food samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 11, p. 3273-79, 2003.

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cátion decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Antioxidant activity of cerrado fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

SAGRAWAT, H.; MANN, A. S.; KHARYA, M. D. Pharmacological potential of Eugenia jambolana: a review. **Pharmacognozy Magazine**, Bangalore, v. 2, n. 6, p. 96-104, 2006.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria**: Fundamentos Teóricos e Práticos. São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2006. 240 p.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, E. M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **The Open Food Science Journal**, Champaign, v. 4, p. 7-22, 2010.

ŠIMUNEK, M.; JAMBRAK, A. R.; DOBROVIĆ, S.; HERCEG, Z.; VUKUŠIĆ, T. Rheological properties of ultrasound treated apple, cranberry and blueberry juice and nectar. **Journal of Food Science and Technology**, Champaign, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2013.

SOARES, J. C.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M.S.; DOURADO, K. K. F. Physical and chemical characterization in fruit jambolan different trees. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 25, n. especial, p. 650-654, 2014.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. San Diego: Elsevier, 2004. 658p.

TARUSIO, T. G.; BARNEY, D. L.; EXON, J. Content and profile of flavonoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest Vaccinium berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, p. 3169-176, 2004.

TROŠT, K.; GOLCWONDRA, A.; PROŠEK, M.; MILIVOJEVIČ, L. Anthocyanin degradation of blueberry–Aronia nectar in glass compared with carton during storage. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 405-411, 2008.

VEIGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature, stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* Skeels. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 619-627, 2007.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C. S.; DA SILVA, R. S. F. Extration of proteins from wheat bran: Application of carbohydrasees. **Cereal Chemists**, Saint Paul, v. 58, n. 4, p. 264-266, 1981.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science and Tecnology**, Cambridge, v. 16, n. 9, p. 423-428, 2005.

ZANATTA, C. F.; CUEVAS, E.; BOBBIO, F. O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 24, p. 9531-9535, 2005.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

ANEXOS

ANEXO A. Ficha de avaliação da análise sensorial.

Ficha do teste de Aceitação

Nome_____ Data:_____

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino Idade:_____

Atenção: Você está recebendo amostras de _____. Por favor, avalie cada amostra, usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Avalie uma amostra de cada vez sem compara-las. Beba água e enxágue a boca antes de provar a segunda amostra.

9 = gostei extremamente
8 = gostei muito
7 = gostei moderadamente
6 = gostei ligeiramente
5 = nem gostei / nem desgostei
4 = desgosto ligeiramente
3= desgosto moderadamente
2 = desgostei muito
1 = desgostei extremamente

Atributos	Nº amostra:_____
Aparência	
Cor	
Sabor	
Textura	
Odor	
Impressão global	

Comentários:

_____

_____

ANEXO B. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa. Meu nome é Jackeline Cintra Soares, sou o pesquisador responsável e minha área de atuação é Ciência e Tecnologia de Alimentos. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em casos de dúvidas **sobre os seus direitos** como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, nos telefones: 3521-1075 ou 3521-1076.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A PESQUISA

Título do projeto: Aproveitamento Alimentar de Jambolão

Pesquisador Responsável: Jackeline Cintra Soares _____

(Engenheiro de Alimentos)

Telefones para contato: (64) 9271-3106 (pesquisador)

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

- Justificativa, objetivos e os procedimentos utilizados da pesquisa: Devido à grande parte das frutas de jambolão ser desperdiçada na época de safra, em virtude da alta produção da planta e a escassez de informações científicas a respeito de produtos processados, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do ponto de vista tecnológico, da utilização de frutos de jambolão, na produção de polpa para a fabricação de néctares e sheberts com qualidade sensorial, nutricional e funcional através de análises físicas, químicas e microbiológicas e a aceitação destes produtos através da análise sensorial.

- Especificação de desconforto e riscos possíveis e os benefícios decorrentes da participação da pesquisa: Os possíveis riscos ao provar os produtos seria alguma substancia presente ao Jambolão, como no caso, pessoas alérgicas a antocianina, intolerantes a lactose e diabéticos não devem participar desta pesquisa.

-Inclusão/ exclusão: pessoas alérgicas ao corante antocianina, intolerantes a lactose e diabéticos não devem participar desta pesquisa.

-Forma de acompanhamento: Você, provador, receberá todo apoio da equipe de pesquisa caso venha ter algum desconforto ao provar estes produtos ou se chegar a passar mal, receberá todos os cuidados necessário de forma a não ser prejudicado em hipótese alguma;

-Caso ocorra algum problema, alguma reação adversa você será encaminhado para o hospital mais próximo do local e o médico ira atende-lo e terá todos direitos e será ressarcido e a equipe tomará todas as medidas cabíveis para sanar os problemas;

-Poderá ligar à cobrar para a pesquisadora caso passe mal ou tenha alguma reação adversa após a ingestão dos produtos.

-Você não terá nenhum gasto ao participar desta pesquisa e nem será gratificado por estar participando;

-Não será revelado nenhum informação pessoa sua, garantimos total sigilo a respeito dessas informações;

-Você pode recusar a participar desta avaliação a qualquer momento bem como retirar o consentimento sem ter nenhum prejuízo, nenhuma penalização por isso;

-Será feito com os questionários após a conclusão da pesquisa.

Nome e Assinatura do pesquisador _____

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, RG/ CPF/ n.º de prontuário/ n.º de matrícula _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo _____, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador(a) _____ sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento, se for o caso).

Local e data:_____

Nome e Assinatura do sujeito: _____

APÊNDICES

APÊNDICE A. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na cidade de Goiânia-GO.

APÊNDICE A.1. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão de todas as regiões da cidade de Goiânia-GO.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,87										
D2	0,87	0,80									
H1	0,84	0,78	0,90								
V_F.	0,88	0,79	0,77	0,76							
M_S	0,73	0,73	0,60	0,59	0,67						
d1	0,71	0,77	0,57	0,55	0,64	0,78					
d2	0,57	0,56	0,55	0,53	0,59	0,65	0,55				
h1	0,57	0,60	0,56	0,54	0,52	0,68	0,59	0,72			
D_F	0,09*	0,01*	0,05*	0,01*	-0,36	0,00*	0,01*	-0,09*	0,00 *		
EP	0,54	0,65	0,59	0,58	0,49	0,21	0,02*	0,23	0,25	0,01*	
RM	0,30	0,12	0,30	0,29	0,23	-0,40	-0,12	-0,13	-0,17	0,10	0,41

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE A.2. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na região 1.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,48										
D2	0,40	0,60									
H1	0,28	0,44	0,64								
V_F.	0,81	0,28	0,08*	0,06*							
M_S	0,63	0,49	0,32	0,32	0,48						
d1	0,53	0,51	0,25	0,27	0,41	0,73					
d2	0,71	0,30	0,30	0,31	0,64	0,65	0,50				
h1	0,38	0,41	0,35	0,32	0,22*	0,61	0,49	0,57			
D_F	0,19*	0,18*	0,35	0,23	-0,40	0,19*	0,14*	0,09 *	0,21*		
EP	0,16*	0,68	0,56	0,32	-0,02*	-0,07*	-0,24	-0,04*	0,10*	0,18*	
RM	0,21*	-0,28	0,03*	-0,08*	0,14*	-0,63	-0,32	-0,06*	-0,28	0,07*	0,27

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE A.3. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na região 2.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,82	1,00									
D2	0,88	0,70	1,00								
H1	0,81	0,69	0,89	1,00							
V_F.	0,64	0,63	0,69	0,63	1,00						
M_S	0,61	0,69	0,49	0,36	0,49	1,00					
d1	0,46	0,63	0,32	0,18*	0,35	0,81	1,00				
d2	0,08*	0,15*	0,20*	0,12*	0,36	0,33	0,13*	1,00			
h1	0,37	0,40	0,32	0,27	0,28	0,63	0,38	0,26	1,00		
D_F	0,24*	-0,03*	0,03*	-0,04*	-0,52	-0,04*	0,01*	-0,30	-0,03*	1,00	
EP	0,44	0,46	0,46	0,62	0,35	-0,11*	-0,40	0,03*	0,04*	-0,05*	1,00
RM	0,48	0,19*	0,48	0,56	0,19*	-0,38	-0,34	-0,30	-0,24*	0,27	0,61

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE A.4. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na região 3.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,87	1,00									
D2	0,87	0,67	1,00								
H1	0,89	0,72	0,87	1,00							
V_F.	0,85	0,77	0,77	0,78	1,00						
M_S	0,67	0,72	0,57	0,60	0,69	1,00					
d1	0,56	0,73	0,34	0,40	0,49	0,71	1,00				
d2	0,69	0,63	0,66	0,63	0,61	0,78	0,58	1,00			
h1	0,53	0,51	0,52	0,49	0,58	0,74	0,46	0,73	1,00		
D_F	0,04*	-0,02*	-0,03*	0,00*	-0,46	-0,19*	-0,07*	-0,03*	-0,24	1,00	
EP	0,50	0,46	0,50	0,50	0,44	0,10*	-0,27	0,13*	0,13*	0,04*	1,00
R											
M	0,31	0,09*	0,28	0,30	0,14*	-0,46	-0,29	-0,21*	-0,33	0,31	0,50

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE A.5. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na região 4.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,72	1,00									
D2	0,64	0,66	1,00								
H1	0,66	0,71	0,92	1,00							
V_F.	0,81	0,66	0,44	0,53	1,00						
M_S	0,50	0,43*	0,26	0,28	0,39	1,00					
d1	0,68	0,72	0,48	0,50	0,57	0,51	1,00				
d2	0,20*	0,21*	0,42	0,40	0,21*	0,32	0,38	1,00			
h1	0,18*	0,21*	0,39	0,37	0,16*	0,31	0,45	0,88	1,00		
D_F	0,11*	-0,06*	0,21*	0,07*	-0,47	0,08*	0,06*	-0,06*	-0,02*	1,00	
EP	0,22*	0,58	0,37	0,43	0,26	0,02*	-0,15*	-0,15*	-0,22*	-0,16*	1,00
RM	0,09*	-0,01*	0,14*	0,14*	0,12*	-0,80	-0,13*	-0,27	-0,27	-0,05*	0,14*

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE A.6. Correlação das propriedades físicas e dimensionamento de frutos de jambolão na região 5.

	MF	D1	D2	H1	V_F	M_S	d1	d2	h1	D_F	EP
D1	0,88	1,00									
D2	0,87	0,71	1,00								
H1	0,88	0,69	0,86	1,00							
V_F.	0,90	0,82	0,83	0,82	1,00						
M_S	0,82	0,83	0,62	0,63	0,70	1,00					
d1	0,72	0,81	0,52	0,47	0,65	0,84	1,00				
d2	0,71	0,69	0,59	0,62	0,63	0,82	0,60	1,00			
h1	0,63	0,62	0,57	0,60	0,55	0,74	0,55	0,88	1,00		
D_F	0,08*	0,02*	-0,01*	0,03*	-0,34	0,15*	0,04*	0,11*	0,13*	1,00	
EP	0,05*	0,08*	0,15*	0,20*	0,08*	-0,23*	-0,53	-0,02*	-0,03*	-0,03*	1,00
RM	0,15*	-0,05*	0,28	0,26	0,19*	-0,43	-0,30	-0,27	-0,26	-0,09*	0,44

*Efeito não significativo a 10% de probabilidade.

APÊNDICE B. Composição centesimal em base úmida (b.u.) (g $100g^{-1}$) e valor energético total (kcal $100g^{-1}$) de polpa de jambolão em diferentes regiões da cidade de Goiânia – GO.

	Regiões				
Composição centesimal*	1	2	3	4	5
Umidade	88,24	89,34	88,529	90,421	86,227
Cinza	0,37	0,29	0,28	0,17	0,28
Proteína	0,46	0,49	0,45	0,32	0,54
Lipídeos	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04
Açúcar redutor	5,48	6,76	7,26	5,68	8,12
Açúcar total	7,35	7,58	8,95	7,01	10,40
Fibra solúvel	0,022	0,002	0,009	0,005	0,007
Fibra insolúvel	0,0158	0,0107	0,002	0,002	0,006
Fibra Alimentar total	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
Carboidratos	10,86	9,83	10,71	9,06	12,91
Valor Energético Total	45,53	41,63	44,83	37,75	54,12

*Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Região1 (Norte); Região 2 (Sul); Região 3 (Centro); Região 4 (Leste) e Região 5 (Oeste).

APÊNDICE C. Perfil textural, luminosidade, taxa de derretimento e sólidos solúveis totais dos sherbets experimentais em função dos teores de açúcar, leite e polpa de jambolão.

Sherbets	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	L*	TD	SST
S1(A)	8736,19	0,34	0,07	632,27	57,36	1,69	23,37
S1(B)	8801,10	0,54	0,06	577,24	57,97	1,68	23,80
S1(C)	8741,64	0,48	0,07	595,22	59,01	1,90	23,77
S2	4821,38	0,41	0,07	319,46	67,88	1,78	25,63
S3	730,34	0,76	0,19	120,69	66,82	2,23	30,47
S4	917,16	0,75	0,20	177,46	51,70	2,00	29,33
S5	10777,44	0,61	0,06	723,56	40,41	1,62	25,23
S6	29682,54	0,27	0,11	3206,25	47,66	1,28	18,37
S7	31313,34	0,46	0,13	4088,04	40,17	1,43	15,77

Os sherbets experimentais utilizados na análise físicas e químicas foram: S1 (13,4;58,3;28,3), S2 (15;70;15), S3(20;65;15), S4 (20;45;35), S5 (15;45;40), S6 (5;70;25) e S7(5:55:40), com açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente. A, B e C são repetições da mesma formulação (ponto central).

APÊNDICE D. Análise de variância do modelo ajustado para as propriedades físicas dos sherbets de jambolão.

APÊNDICE D.1. Análise de variância do modelo ajustado para dureza dos sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	1,07	4	251996960	94,128	0,000329
Erro total	1,07	4	2677175		
Falta de Ajuste	1,07	2	5353054	4129,012	0,000242
Erro Puro	2,59	2	1296		
Total Ajustado	1,02	8	127337067		

APÊNDICE D.2. Análise de variância do modelo ajustado para elasticidade dos shebets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	0,208292	4	0,052073	9,568927	0,025163
Erro total	0,021768	4	0,005442		
Falta de Ajuste	0,002533	2	0,001266	0,131684	0,883639
Erro Puro	0,019235	2	0,009617		
Total Ajustado	0,230059	8	0,028757		

APÊNDICE D.3. Análise de variância do modelo ajustado para coesividade para sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	0,023210	4	0,005802	26,28509	0,003931
Erro total	0,000883	4	0,000221		
Falta de Ajuste	0,000838	2	0,000419	18,59477	0,051034
Erro Puro	0,000045	2	0,000023		
Total Ajustado	0,024093	8	0,003012		

APÊNDICE D.4. Análise de variância do modelo ajustado para gomosidade dos sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	16634481	5	3326896	1747,159	0,000022
Erro total	5713	3	1904		
Falta de Ajuste	4138	1	4138	5,254	0,148939
Erro Puro	1575	2	787		
Total Ajustado	16640193	8	2080024		

APÊNDICE D.5. Análise de variância do modelo ajustado para luminosidade dos sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	730,2255	2	365,1127	22,07881	0,001712
Erro total	99,2207	6	16,5368		
Falta de Ajuste	97,8217	4	24,4554	34,96075	0,028001
Erro Puro	1,3990	2	0,6995		
Total Ajustado	829,4462	8	103,6808		

APÊNDICE D.6. Análise de variância do modelo ajustado para teste de derretimento (TD) dos sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	0,553460	2	0,276730	16,39425	0,003701
Erro total	0,101278	6	0,016880		
Falta de Ajuste	0,070402	4	0,017601	1,14009	0,516782
Erro Puro	0,030876	2	0,015438		
Total Ajustado	0,654738	8	0,081842		

APÊNDICE D.7. Análise de variância do modelo ajustado para sólidos solúveis totais dos sherbets de jambolão.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	171,6912	2	85,84558	185,9581	0,000004
Erro total	2,7698	6	0,46164		
Falta de Ajuste	2,6535	4	0,66339	11,4085	0,082211
Erro Puro	0,1163	2	0,05815		
Total Ajustado	174,4610	8	21,80762		

APÊNDICE E. Análise de regressão dos modelos ajustados para as propriedades físicas e químicas dos sherbets de jambolão.

APÊNDICE E.1. Análise de regressão dos modelos ajustados para dureza dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(4)	P	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	18749	15732,29	1,19173	0,299239	-24931	62428,5
(x_2) Leite pc	26874	2789,01	9,63576	0,000649	19131	34617,8
(x_3) Polpa pc	33955	2789,01	12,17452	0,000261	26211	41698,5
x_1x_2	-95703	26560,08	-3,60326	0,022692	-169446	-21960,4
x_1x_3	-103044	26560,08	-3,87964	0,017847	-176786	-29301,0

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE E.2. Análise de regressão dos modelos ajustados para elasticidade dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(4)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	2,94349	0,709297	4,14986	0,014262	0,97416	4,912810
(x_2) Leite pc	0,11043	0,125744	0,87819	0,429429	-0,23869	0,459547
(x_3) Polpa pc	0,62139	0,125744	4,94170	0,007807	0,27227	0,970510
x_1x_2	-2,41094	1,197473	-2,01336	0,114360	-5,73566	0,913773
x_1x_3	-3,44822	1,197473	-2,87958	0,045032	-6,77294	-0,123503

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE E.3. Análise de regressão dos modelos ajustados para coesividade dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(4)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	1,54458	0,142858	10,81203	0,000415	1,14795	1,94122
(x_2) Leite pc	0,10832	0,025326	4,27691	0,012879	0,03800	0,17863
(x_3) Polpa pc	0,12966	0,025326	5,11981	0,006887	0,05935	0,19998
x_1x_2	-2,18193	0,241180	-9,04690	0,000827	-2,85155	-1,51231
x_1x_3	-2,22626	0,241180	-9,23070	0,000766	-2,89588	-1,55664

pc= pseudocomponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE E.4. Análise de regressão dos modelos ajustados para gomosidade dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(4)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	7478,9	451,7660	16,5547	0,000480	6041,1	8916,6
(x_2) Leite pc	3011,0	102,8399	29,2788	0,000087	2683,7	3338,3
(x_3) Polpa pc	5026,4	102,8399	48,8763	0,000019	4699,2	5353,7
x_1x_2	-19520,8	716,9602	-27,2272	0,000109	-21802,5	-17239,1
x_1x_3	-24196,2	716,9602	-33,7483	0,000057	-26477,9	-21914,5
x_2x_3	-1804,7	336,7835	-5,3586	0,012717	-2876,5	-732,9

pc= pseudocomponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE E.5. Análise de regressão dos modelos ajustados para luminosidade dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(6)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	81,40162	7,175108	11,34500	0,000028	63,84476	98,95847
(x_2) Leite pc	61,32986	3,874549	15,82890	0,000004	51,84918	70,81054
(x_3) Polpa pc	30,23325	3,874549	7,80304	0,000234	20,75257	39,71393

pc= pseudocomponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE E.6. Análise de regressão dos modelos ajustados para teste de derretimento dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(6)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	3,005373	0,229237	13,11032	0,000012	2,444450	3,566296
(x_2) Leite pc	1,418737	0,123788	11,46105	0,000026	1,115840	1,721635
(x_3) Polpa pc	1,246115	0,123788	10,06654	0,000056	0,943217	1,549012

pc= pseudocomponentes; p= nível de significância.

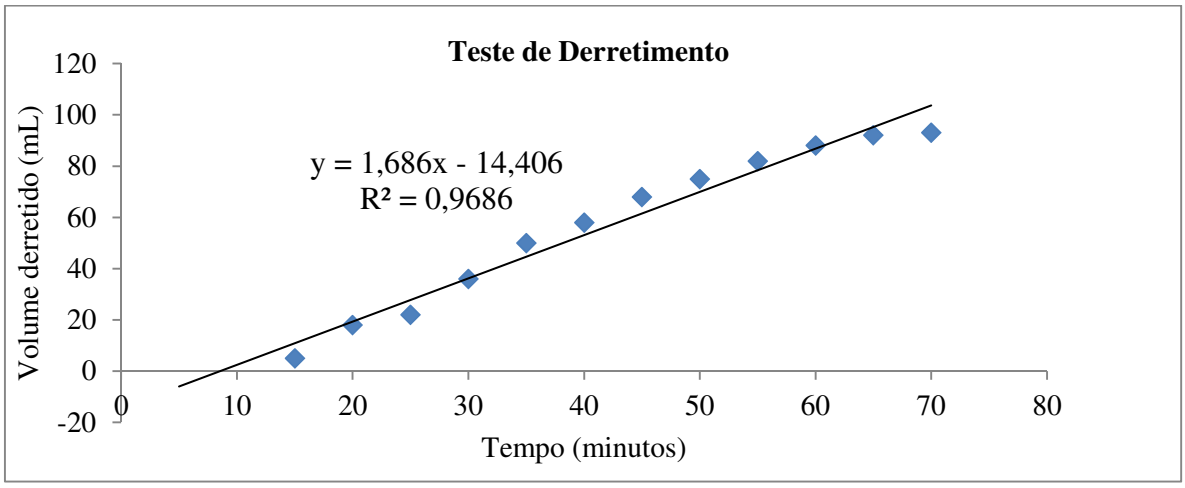
APÊNDICE E.7. Análise de regressão dos modelos ajustados para sólidos solúveis totais dos sherbets de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(6)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Açúcar pc	46,53863	1,198821	38,82034	0,000000	43,60522	49,47204
(x_2) Leite pc	17,84912	0,647362	27,57210	0,000000	16,26508	19,43316
(x_3) Polpa pc	15,83798	0,647362	24,46543	0,000000	14,25394	17,42202

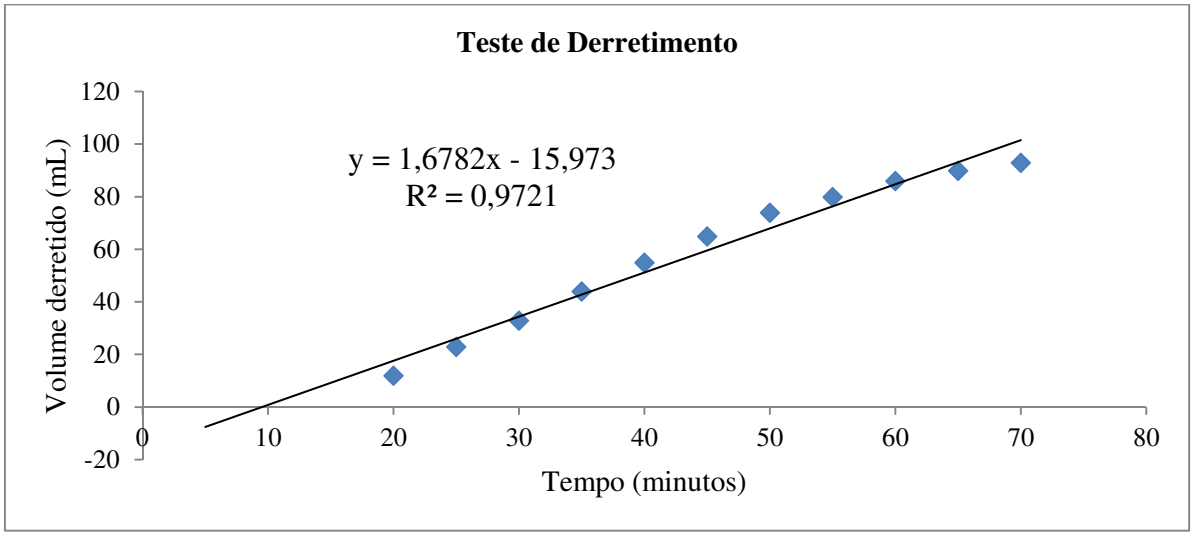
pc= pseudocomponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE F. Gráficos de derretimento dos sherbets experimentais de jambolão do tempo em função do volume derretido a 28°C.

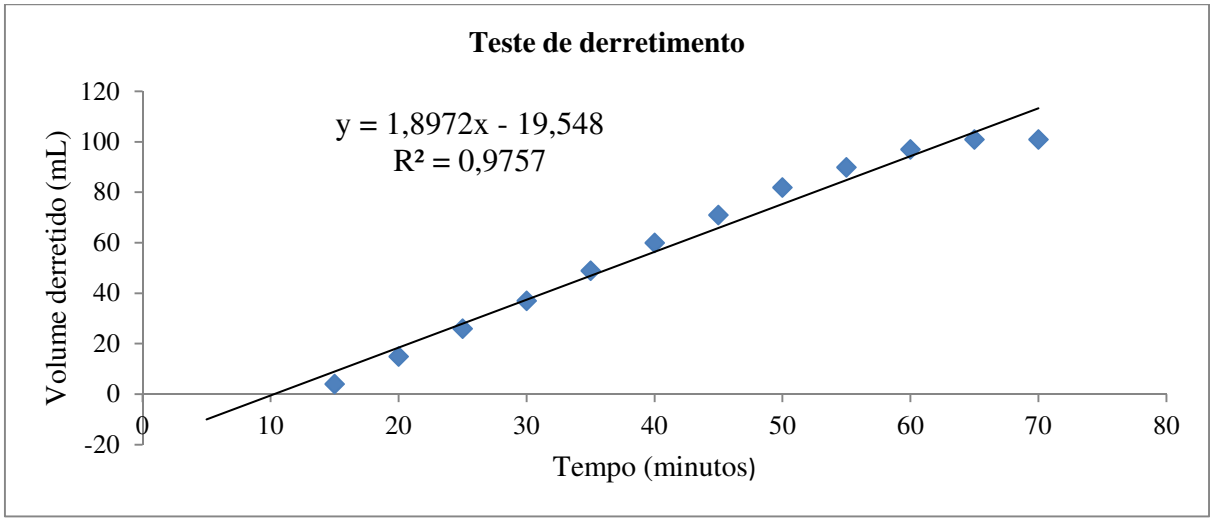
APÊNDICE F.1. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 13,4g $100g^{-1}$, 58,3g $100g^{-1}$ e 28,3g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



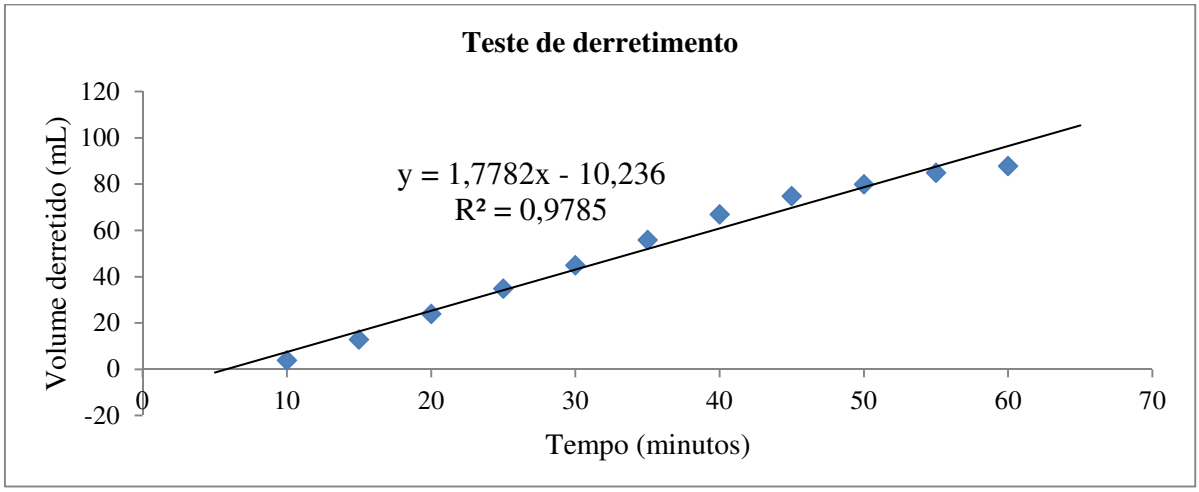
APÊNDICE F.2. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 13,4g $100g^{-1}$, 58,3g $100g^{-1}$ e 28,3g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



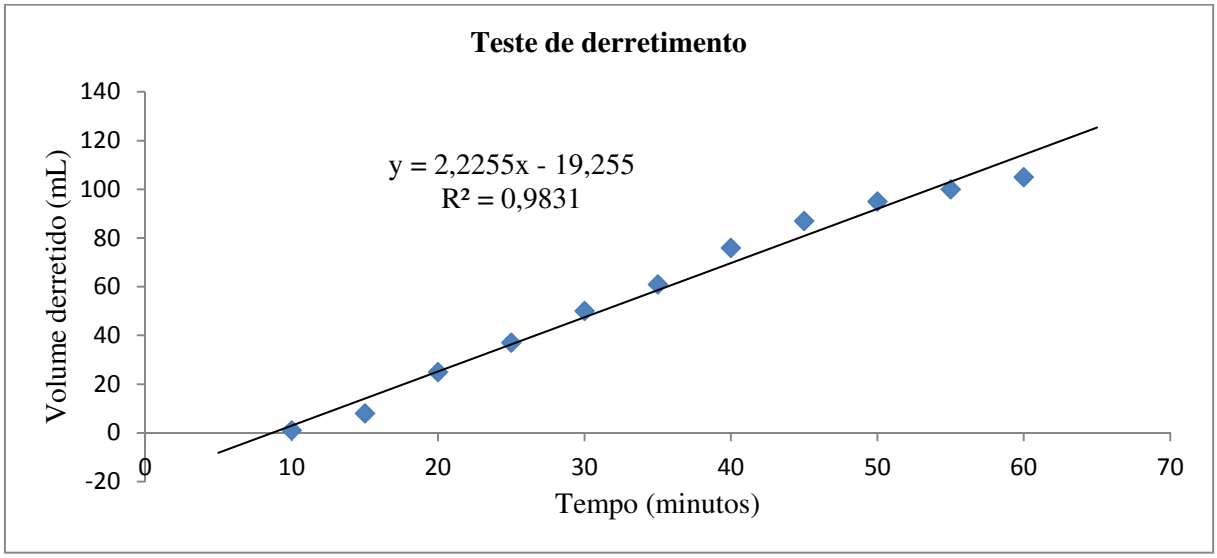
APÊNDICE F.3. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 13,4g $100g^{-1}$, 58,3g $100g^{-1}$ e 28,3g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



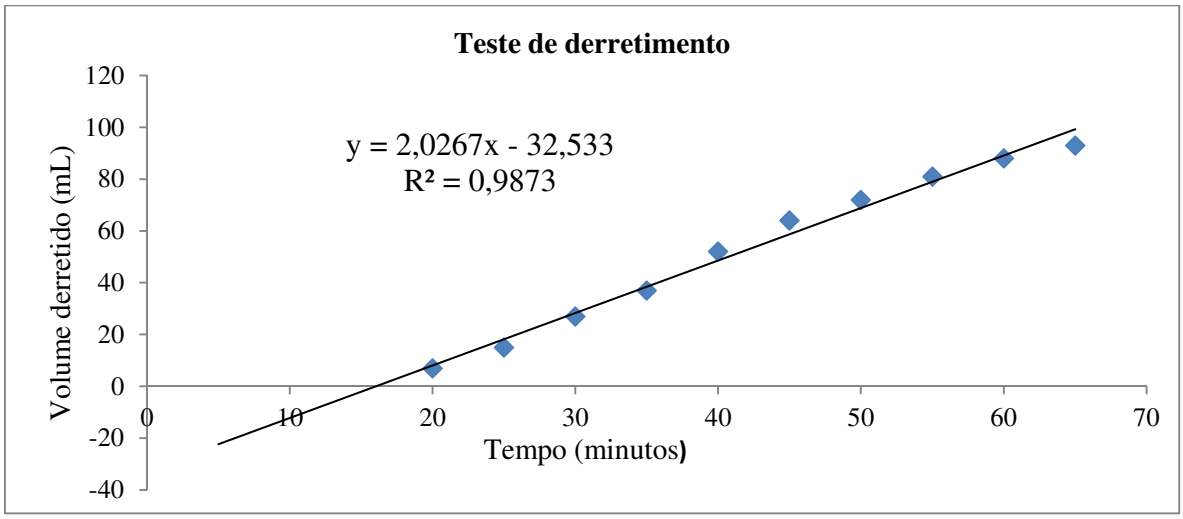
APÊNDICE F.4. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 15g $100g^{-1}$, 70g $100g^{-1}$ e 15g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



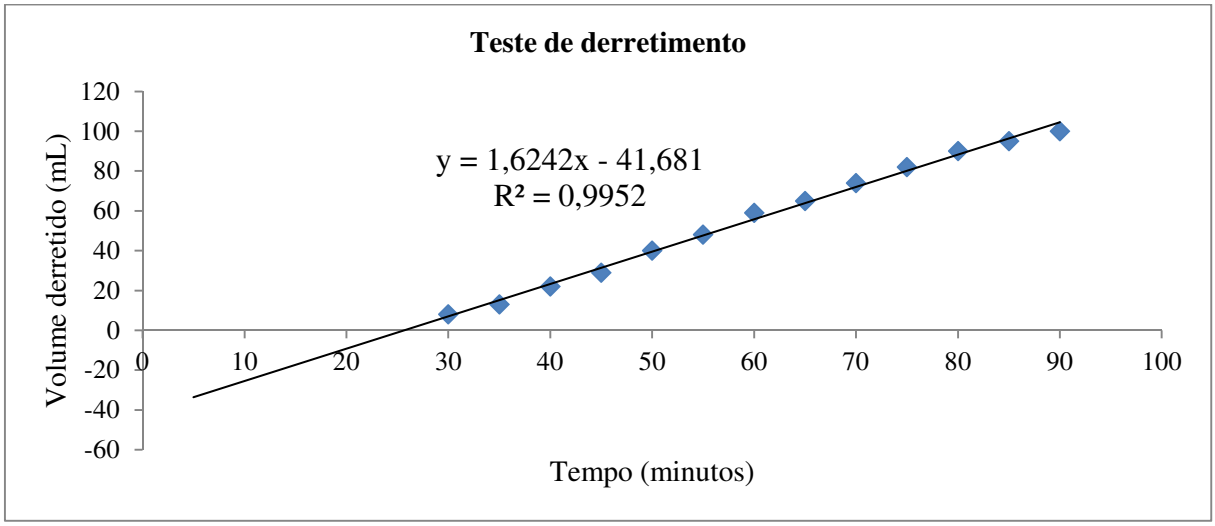
APÊNDICE F.5. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 20g $100g^{-1}$, 65g $100g^{-1}$ e 15 g 100 g^{-1} de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



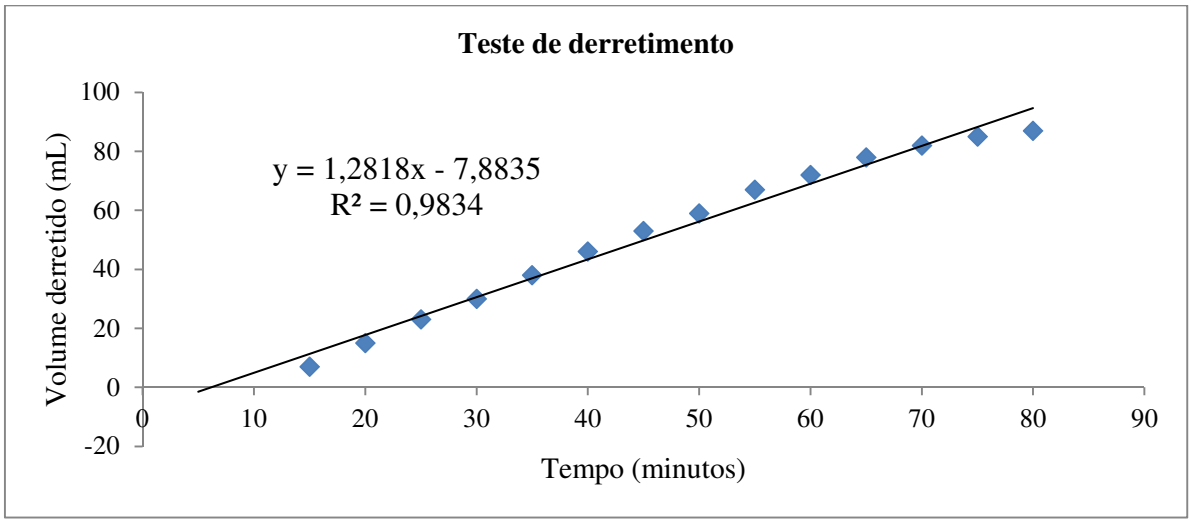
APÊNDICE F.6. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 20g 100g^{-1}, 45g 100g^{-1} e 35 g 100 g^{-1} de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



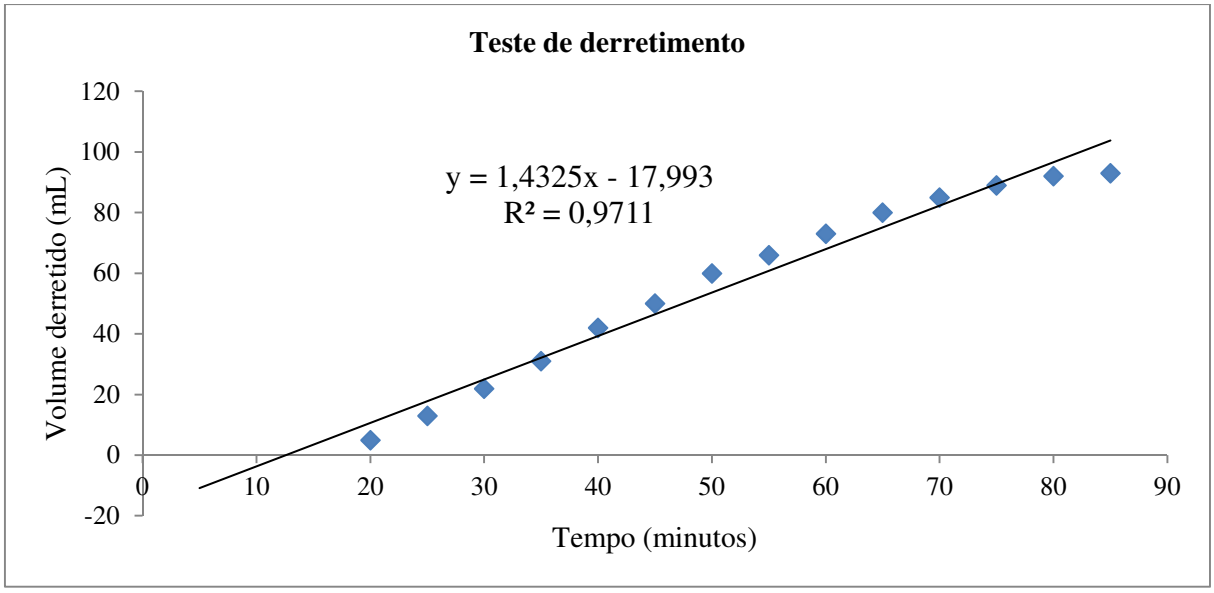
APÊNDICE F.7. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 15g 100g^{-1}, 45g 100g^{-1} e 40g 100g^{-1} de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



APÊNDICE F.8. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 5g $100g^{-1}$, 70g $100g^{-1}$ e 25g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



APÊNDICE F.9. Derretimento a 28ºC dos sherbets elaborados com 5g $100g^{-1}$, 55g $100g^{-1}$ e 40g $100g^{-1}$ de açúcar, leite e polpa de jambolão, respectivamente, ao longo do tempo.



APÊNDICE G. Luminosidade (L*), viscosidade aparente (VA), acidez total titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT das formulações dos néctares experimentais de jambolão.

Formulação	L*	VA	AT	SST	SST/AT
N1	33,3	9,00	0,64	19,10	29,97
N1	32,82667	12,00	0,69	18,87	27,33
N1	33,42333	13,20	0,69	18,97	27,47
N2	33,29333	49,80	0,74	11,77	16,10
N3	32,36833	73,80	0,78	26,43	34,04
N4	33,11667	13,80	0,69	24,13	34,96
N5	32,13667	21,60	0,83	22,07	26,64
N6	34,23667	7,80	0,55	8,87	16,05

Os néctares experimentais utilizados nas análises físicas e químicas foram:N1 (44;13;43), N2 (55;5;40), N3(50;20;30), N4 (30;20;50), N5 (55;15;30) e N6 (30;5;65), com polpa de jambolão, açúcar e água,respectivamente. A, B e C são repetições da mesma formulação (ponto central)

APÊNDICE H. Análise de variância do modelo ajustado para as propriedades físicas dos néctares de jambolão.

APÊNDICE H.1. Análise de variância do modelo ajustado para luminosidade dos néctares de jambolão.

	SQ	**GL**	**QM**	**F**	**p**
Modelo	2,666062	2	1,333031	19,31933	0,004444
Erro total	0,344999	5	0,069000		
Falta de Ajuste	0,146577	3	0,048859	0,49247	0,723069
Erro Puro	0,198422	2	0,099211		
Total Ajustado	3,011061	7	0,430152		

APÊNDICE H.2. Análise de variância do modelo ajustado para viscosidade aparente dos néctares experimentais.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	3984,075	5	796,8150	170,2596	0,005849
Erro total	9,360	2	4,6800		
Falta de Ajuste	0,000	0	0,0000		
Erro Puro	9,360	2	4,6800		
Total Ajustado	3993,435	7	570,4907		

APÊNDICE H.3. Análise de variância do modelo ajustado para acidez titulável dos néctares experimentais.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	0,043291	2	0,021646	16,68147	0,006133
Erro total	0,006488	5	0,001298		
Falta de Ajuste	0,005076	3	0,001692	2,39619	0,308023
Erro Puro	0,001412	2	0,000706		
Total Ajustado	0,049779	7	0,007111		

APÊNDICE H.4. Análise de variância do modelo ajustado para sólidos solúveis totais em néctares experimentais.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	245,5947	4	61,39868	4119,616	0,000006
Erro total	0,0447	3	0,01490		
Falta de Ajuste	0,0173	1	0,01730	1,263	0,377888
Erro Puro	0,0274	2	0,01370		
Total Ajustado	245,6394	7	35,09135		

APÊNDICE H.5. Análise de variância do modelo ajustado para relação sólidos solúveis totais/ acidez titulável em néctares experimentais.

	SQ	GL	QM	F	p
Modelo	339,5121	2	169,7560	42,97792	0,000709
Erro total	19,7492	5	3,9498		
Falta de Ajuste	15,3317	3	5,1106	2,31378	0,315992
Erro Puro	4,4175	2	2,2088		
Total Ajustado	359,2613	7	51,3230		

APÊNDICE I. Análise de regressão dos modelos ajustados para as propriedades físicas e químicas dos néctares de jambolão.

APÊNDICE I.1. Análise de regressão dos modelos ajustados para luminosidade dos néctares de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(5)	P	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Polpa pc	32,78026	0,268163	122,2402	0,000000	32,09093	33,46959
(x_2) Açúcar pc	31,59823	0,493858	63,9825	0,000000	30,32873	32,86773
(x_3) Água pc	34,33712	0,221608	154,9451	0,000000	33,76746	34,90679

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE I.2. Análise de regressão dos modelos ajustados para viscosidade aparente dos néctares de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(2)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Polpa pc	20,54	5,75575	3,5682	0,070356	-4,23	45,302
(x_2) Açúcar pc	626,40	27,68873	22,6229	0,001948	507,26	745,535
(x_3) Água pc	7,80	2,16333	3,6056	0,069051	-1,51	17,108
x_1x_2	-842,49	40,11294	-21,0029	0,002259	-1015,08	-669,894
x_1x_3	161,14	18,14577	8,8803	0,012444	83,07	239,215
x_2x_3	-1057,78	48,10355	-21,9896	0,002062	-1264,75	-850,804

APÊNDICE I.3. Análise de regressão dos modelos ajustados para acidez titulável dos néctares de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(5)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Polpa pc	0,785580	0,036726	21,39051	0,000004	0,691174	0,879986
(x_2) Açúcar pc	0,808630	0,067823	11,92263	0,000073	0,634285	0,982974
(x_3) Água pc	0,546068	0,030365	17,98327	0,000010	0,468012	0,624125

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE I.4 Análise de regressão dos modelos ajustados para sólidos solúveis totais dos néctares de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(3)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Polpa pc	12,90646	0,176680	73,04987	0,000006	12,34418	13,46873
(x_2) Açúcar pc	40,42866	1,222048	33,08271	0,000061	36,53955	44,31776
(x_3) Água pc	8,88539	0,120839	73,53063	0,000006	8,50082	9,26995
x_1x_2	6,81239	2,086511	3,26497	0,046955	0,17218	13,45260
x_2x_3	7,13406	2,049446	3,48097	0,040027	0,61181	13,65631

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.

APÊNDICE I.5. Análise de regressão dos modelos ajustados para relação sólidos solúveis totais/acidez titulável dos néctares de jambolão.

Fator	Coeficiente	Std. Err.	t(5)	p	-95,5% Cnf.Limt	+95,5% Cnf.Limt
(x_1) Polpa pc	16,02514	2,026243	7,90880	0,000520	10,81652	21,23377
(x_2) Açúcar pc	59,86991	3,741968	15,99958	0,000017	50,25087	69,48895
(x_3) Água pc	17,46063	1,675332	10,42219	0,000140	13,15406	21,76721

pc= pseudo-omponentes; p= nível de significância.