



**MARIA CECÍLIA EVANGELISTA VASCONCELOS  
SCHIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE SUCOS  
ELABORADOS COM POLPAS DE  
FRUTAS DO CERRADO**

**LAVRAS – MG  
2017**

**MARIA CECÍLIA EVANGELISTA VASCONCELOS SCHIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE SUCOS ELABORADOS COM POLPAS DE  
FRUTAS DO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Fabiana Queiroz  
Orientadora

Profa. Dra. Vanessa Rios de Souza  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Schiassi, Maria Cecília Evangelista Vasconcelos.  
Desenvolvimento de sucos elaborados com polpas de frutas do  
Cerrado / Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi. - 2017.  
127 p. : il.

Orientador(a): Fabiana Queiroz.  
Coorientador(a): Vanessa Rios de Souza.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2017.  
Bibliografia.

1. Frutas do Cerrado. 2. Compostos Bioativos. 3.  
Características Nutricionais. I. Queiroz, Fabiana . II. Souza,  
Vanessa Rios de. III. Título.

**MARIA CECÍLIA EVANGELISTA VASCONCELOS SCHIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE SUCOS ELABORADOS COM POLPAS DE  
FRUTAS DO CERRADO**

**DEVELOPMENT OF JUICES PREPARED WITH CERRADO  
FRUITS PULP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de março de 2017.

Dra. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira      UFOP

Dra. Vanessa Rios de Souza      UFLA

Profa. Dra. Fabiana Queiroz  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2017**

*À minha mãe Adriana Evangelista Vasconcelos, que mesmo não estando mais presente no meio de nós, quando viva, nunca mediu esforços para me ajudar; agradeço pelos ensinamentos compartilhados e exemplos deixados.*

*Ao meu pai Orlando Pereira Vasconcelos, aos meus avós Cecília Evangelista e José Augusto, tia Cláudia Evangelista, tio Paulo Dionizio e primo Paulo Victor por viverem comigo este sonho e por batalharem sem medir esforços para que este se concretizasse e dos quais muito me orgulho.*

*Ao Leonardo, meu esposo, pelo apoio, companheirismo e incentivo para conquistar meus objetivos.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em tudo o que acontece de mais simples no nosso dia a dia e por me fortalecer e conduzir sempre em seus caminhos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela possibilidade de realização deste curso. Em especial, a professora Fabiana Queiroz, por ter conduzido minha orientação, pela confiança e pelos ensinamentos. Não somente por isso, mas também pelo caráter generoso, inteligência, ética e competência. Trabalhar ao seu lado muito me acrescentou como pessoa e profissionalmente.

Em especial, à professora Vanessa Rios de Sousa, pela coorientação, amizade e dedicação para realização deste trabalho e pela disposição de sempre me ajudar. Agradeço imensamente pelo carinho e atenção.

Às laboratoristas, Tina, Heloísa e Cidinha, pelo acolhimento, dedicação e auxílio, com tanto carinho. À grande amiga Amanda Lago, pela amizade, paciência em me auxiliar sempre que precisei e pela sua participação na parte final do trabalho. À prima e amiga Roseane Oliveira, por ter me apresentado a UFLA, o Departamento de Ciência dos Alimentos, pela ajuda, atenção e conselhos durante toda a minha caminhada em Lavras.

Aos amigos do laboratório, Elídio Zitha, Nathane Resende e Íthalo Careli pelos momentos de convivência e amizade. Aos estudantes de graduação, Letícia Campos, Juliana Meles, Derlyene Salgado, Aline Botelho, Bruna Tavares, Francielly Corrêa, Mariana Matos e Jéssica Hilário pela ajuda concedida para a realização desta pesquisa e pela amizade.

A todos os meus amigos e amigas do curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, em especial à Priscilla Lima, Taciene Carvalho, Lorena Mendes, Ana Cristina Ribeiro, Maria Clara Rocha, Amanda Umbelina, Renata Rocha, agradeço pela amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro a esta pesquisa e pela bolsa concebida.

Enfim, obrigada a todos que, direta ou indiretamente, se fizeram presentes, torceram pelo meu sucesso e contribuíram para que esta pesquisa se tornasse realidade.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

O Brasil é o país que apresenta a maior biodiversidade, no entanto, muitas de suas espécies frutíferas são ainda desconhecidas e, conseqüentemente, pouco comercializadas. O Cerrado representa a maioria desta biodiversidade, sendo que muitas destas espécies de frutas fornecem frutos que apresentam concentrações elevadas de nutrientes e características sensoriais únicas, sendo muitos deste, consumidos *in natura* ou processados somente pela população local. O processamento permite agregar valor econômico às matérias-primas, transformando produtos perecíveis em armazenáveis e comercializáveis. O processamento de polpas e sucos de fruta é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de possibilitar ao produtor uma alternativa na utilização das frutas. Desta forma, objetivou-se com este trabalho desenvolver um suco elaborado com polpa de frutas do Cerrado, no intuito de oferecer ao consumidor um produto diferenciado, unindo as características sensoriais e nutricionais de duas ou mais frutas. Para tanto, na primeira etapa seis frutas do Cerrado (araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo) foram caracterizadas em relação às suas propriedades químicas e sensoriais, além de quantificadas quanto aos compostos bioativos e atividade antioxidante, a fim de se obter maior conhecimento e posterior agregação de valor a cada uma delas. Já na segunda parte do trabalho foram selecionadas três frutas com base nos dados nutricionais e sensoriais do suco puro de cada uma delas. Em seguida, foram elaboradas dez formulações de acordo com o delineamento da regra da mistura e, posteriormente, realizou-se a otimização com base nas características sensoriais e nutricionais. Ao fim do trabalho, obteve-se um produto inovador, com maior valor nutricional, permitindo obtenção de um novo sabor com boas características sensoriais. Acredita-se que o novo produto possa suprir a demanda dos consumidores, além de ser uma excelente maneira de promover a agregação de valor a estas frutas.

**Palavras-chave:** Frutas do Cerrado. Compostos Bioativos. Características Nutricionais.

## ABSTRACT

Brazil is the country with the greatest biodiversity, however, many of its fruit species are still unknown, and consequently, are little commercialized. Cerrado represents the majority of this biodiversity, and many of these species provide fruits with high concentration of nutrients and unique sensorial characteristics, many of which are consumed in natura or processed only by the local population. Processing allows to add economic value to the raw materials, transforming perishable products into storable and marketable products. Processing of pulp and fruit juices is an important agro-industrial activity in that adds economic value to the fruit, avoiding waste and minimizing losses that may occur during the marketing of the product in natura, in addition to enabling the producer an alternative use of the fruits. Thus, the aim of this work was to develop a juice produced with Cerrado fruit pulp in order to offer the consumer a unique product, combining the sensory and nutritional characteristics of two or more fruits. Therefore, in the first stage, six Cerrado fruits (strawberry guava, buriti, cagaita, yellow mombin, mangaba and marolo) were characterized with respect to their chemical and sensory properties, as well as quantified as the bioactive compounds and antioxidant activity in order to obtain greater knowledge and subsequent aggregation of value to each of them. In the second part of the study three fruits were selected based on nutritional and sensory data of pure juice from each of them. Then, ten formulations were prepared in accordance with the rule of mixture design. Optimization was based on sensory and nutritional characteristics. At the end of the research, an innovative product was obtained, with greater nutritional value, allowing to obtain a new flavor with good sensorial characteristics. It is believed that the new product can meet consumer demand, as well as being a great way to add value to these fruits.

**Keywords:** Fruits of the Cerrado. Bioactive Compounds. Nutritional characteristics.



## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Distribuição do Cerrado no território brasileiro.....	16
Figura 2 - Araçá ( <i>Psidium guineense</i> Sw.).....	19
Figura 3 - Buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> L.).....	20
Figura 4 - Cagaita ( <i>Eugenia dysenterica</i> DC.).....	21
Figura 5 - Cajá ( <i>Spondias mombin</i> L.).....	23
Figura 6 - Mangaba ( <i>Hancornia speciosa</i> Gomes).....	24
Figura 7 - Marolo ( <i>Annona crassiflora</i> Mart.).....	25

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Figura 1 - Análise de componentes principais (PCA) para as diferentes amostras de polpa de frutas e aspectos químicos e físico-químicos.....	62
--	----

#### ARTIGO 2

Figura 1 - Relação entre a viscosidade aparente e taxa de deformação das diferentes amostras de suco descrita pelo modelo da Lei da Potência à temperatura de 10°C.....	103
Figure 2 - Mapa de preferência externo de três vias (TWEPM) para os atributos sensoriais (cor, sabor, consistência e impressão global), aspectos físicos (L*, C*, h* e K), aspectos físico-químicos (pH, AT, SS e TS).....	109
Figure 3 - Análise de componentes principais (PCA) para as diferentes amostras de formulações de sucos de frutas, compostos bioativos e atividade antioxidante.....	113
Figure 4 - Curva de contorno para a função de desejabilidade sensorial (a) e desejabilidade nutricional (b) para sucos mistos de frutas do Cerrado.....	117

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Tabela 1 - Aspectos químicos e físico-químicos das polpas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. ....	61
Tabela 2 - Conteúdo de minerais em polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. ....	68
Tabela 3 - Capacidade antioxidante ( $\beta$ -caroteno, ABTS e DPPH), teor de fenólicos totais, ácido ascórbico e carotenoides em polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. ....	71
Tabela 4 - Análise sensorial dos sucos elaborados com polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. ....	76

#### ARTIGO 2

Tabela 1 - Planejamento estatístico das misturas (tratamentos) mostrando os níveis das variáveis empregadas, de acordo com o design central da mistura. ....	91
Tabela 2 - Parâmetros reológicos e modelo predito obtidos para as amostras de sucos à temperatura de 10°C. ....	101
Tabela 3 - Atributos sensoriais, cor instrumental e aspectos físico-químicos dos sucos de polpa de frutas. ....	108
Tabela 4 - Capacidade antioxidante (ABTS, DPPH e $\beta$ -caroteno), teor de fenólicos totais, ácido ascórbico e carotenoides de suco de frutas misto. ....	112

## LISTA DE SIGLAS

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

ABTS	2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ANAVA	Análise de variância
AT	Acidez titulável
AOAC	Do inglês <i>Association of Official Analytical Chemists</i>
DFI	2,6-diclorofenolindofenol
DNPH	2,4-dinitrofenilhidrazina
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
DRI	Ingestão Diária Recomendada
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
f. w.	Do inglês <i>fresh weight</i>
FDI	Fibra dietética insolúvel
FDS	Fibra dietética solúvel
FDT	Fibra dietética total
GAEs	Equivalente de ácido gálico
IAL	Instituto Adolfo Lutz
MPI	Mapa de preferência interno
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCA	Análise de Componentes Principais
SAS	Do inglês <i>Statistical Analysis System</i>
SP	São Paulo
SS	Sólidos solúveis
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TEs	Equivalente Trolox
TROLOX	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico
TS	Açúcar total

## ARTIGO 2

AA	Ácido ascórbico
ABTS	2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ANAVA	Análise de variância
AT	Acidez titulável
CORCONDIA	Do inglês <i>Core Consistency Diagnostics</i>
DNPH	2,4-dinitrofenilhidrazina
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
f. w.	Do inglês <i>fresh weight</i>
GAEs	Equivalente de ácido gálico
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LTB	Do inglês <i>Larger-The-Best</i>
PARAFAC	Análise de fatores paralelos
PCA	Análise de Componentes Principais
RSME	Quadrado médio do resíduo
SAS	Do inglês <i>Statistical Analysis System</i>
SP	São Paulo
SS	Sólidos solúveis
STB	Do inglês <i>Smaller-The-Best</i>
TEs	Equivalente Trolox
TROLOX	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico
TS	Açúcar total
TWEPM	Mapa de preferência externo de três vias
UFPA	Universidade Federal de Lavras

## LISTA DE SÍMBOLOS

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Ca	Cálcio
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
P	Fósforo

#### ARTIGO 2

$C^*$	Grau de concentração ou pureza da cor
$h^*$	Ângulo <i>hue</i> de tonalidade
$K$	Índice de consistência
$L^*$	Luminosidade
$n$	Índice de comportamento de fluxo
$r$	Parâmetro específico
$R^2$	Coefficiente de determinação

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE.....</b>	<b>14</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Frutas do Cerrado .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Suco de frutas.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3</b>	<b>Suco de frutas mistas.....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>
	<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS .....</b>	<b>41</b>
	<b>ARTIGO 1 - FRUTAS DO CERRADO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E AVALIAÇÃO SENSORIAL.....</b>	<b>42</b>
	<b>ARTIGO 2 - OTIMIZAÇÃO DE SUCO MISTO DE FRUTAS DO CERRADO BRASILEIRO BASEADO NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E NUTRICIONAIS....</b>	<b>85</b>
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>127</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país que apresenta a maior biodiversidade, permitindo acessar um grande número de espécies frutíferas, muitas ainda desconhecidas e sendo, portanto, pouco comercializadas. O Cerrado é o berço da maioria desta biodiversidade (MATTIETTO; LOPES; MENEZES, 2010), sua fruticultura apresenta muitas espécies contendo concentrações elevadas de nutrientes e características sensoriais únicas (ALMEIDA et al., 2011; CARDOSO et al., 2011). Entre as frutas do Cerrado podemos destacar o araçá (*Psidium guineense* Swartz), buriti (*Mauritia flexuosa* L.), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), cajá (*Spondias mombin* L.), mangaba (*Hancoria speciosa* Gomes) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.).

A riqueza em nutrientes apresenta-se como um dos fatores que conduzem a população ao interesse crescente pelo consumo de frutas nativas do Cerrado e seus derivados (RUFINO et al., 2010). Faz-se necessário a conscientização da população local sobre a importância dessas frutas como fonte de nutrientes, potencial funcional e sensorial a ser investigado e explorado, visto que podem proporcionar uma possível fonte de renda de interesse para a agroindústria, uma vez que esses frutos ainda não são difundidos na alimentação humana (CUNHA, 2016).

Uma alternativa para aumentar a disponibilidade e agregar ainda mais valor às frutas do Cerrado é o desenvolvimento de novos produtos, como polpas, néctares, geleias, sucos e refrescos (NASCIMENTO, 2008). Os sucos de frutas são fontes de sais minerais, vitaminas, fibras e ácidos orgânicos, cujo efeito contribui com a saúde humana (BRANCO; GASPARETTO, 2005). As frutas constituem uma importante fonte nutricional, por apresentarem teores mais altos

de nutrientes em comparação a outros alimentos. Assim, a elaboração de *blends* prontos para beber pode ser utilizada com a finalidade de melhorar as características nutricionais de determinados sucos pela complementação de nutrientes fornecidos por diferentes frutas (VANDRESEN, 2007), além disso, os *blends* são interessantes para criar novos sabores, modificar a consistência, cor, mascarar ou minimizar características muito fortes, tal como acidez.

O mercado de bebidas à base de frutas *in natura* está crescendo cada vez mais nos últimos anos, movido pela busca cada vez maior da população em ingerir alimentos saudáveis, o que torna os sucos de frutas naturais um atrativo nas dietas, devido às suas características sensoriais e nutricionais (CUNHA et al., 2014; SOUSA et al., 2010). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (ABIR, 2012) o consumo per capita de sucos e polpas vem aumentando a cada ano, em virtude da busca por melhoria da qualidade de vida por parte dos consumidores (FARAONI et al., 2012).

Informações a respeito das características químicas e do valor nutricional dos frutos do Cerrado são ferramentas básicas para a avaliação do consumo e formulação de novos produtos. Desta forma, objetivou-se com esta pesquisa caracterizar as polpas de frutas do Cerrado, araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo (Artigo 1); otimizar com base nas características nutricionais e sensoriais uma formulação de suco, mista, de frutas do Cerrado (marolo, mangaba e cagaita) (Artigo 2). O estudo em questão visa proporcionar o desenvolvimento econômico e social do Cerrado por meio da valorização de frutas nativas da região, gerando renda para as populações locais, além de oferecer ao consumidor um produto diferenciado, unindo as características sensoriais e nutricionais de duas ou mais frutas.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Frutas do Cerrado

Entre vales e chapadas, o Cerrado se estende por uma área de 2 milhões de km<sup>2</sup>, equivalente a um quarto do território nacional (CARRAZZA; ÁVILA, 2010). O Cerrado está distribuído principalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Distrito Federal e ocupa parte dos estados do Maranhão, Piauí, Rondônia e São Paulo, além da região Nordeste e Amazônica (FIGURA 1) (RESENDE; GUIMARÃES, 2007).

Figura 1 - Distribuição do Cerrado no território brasileiro.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2004).

Em termos de biodiversidade de árvores frutíferas, é considerado uma das mais ricas savanas do mundo. Detém, portanto, uma grande variedade de espécies nativas e frutas exóticas que até o momento não foram suficientemente

estudadas em relação às suas propriedades químicas e funcionais (ALVES et al., 2013).

A fruticultura deste bioma, no mercado mundial, vem se destacando como uma das atividades que apresenta maior retorno econômico e social (FREITAS; CÂNDICO; SILVA, 2008). Segundo Rufino et al. (2010), houve um crescente aumento no consumo de frutas tropicais no mercado interno e internacional, devido ao reconhecimento de seus valores nutricionais e terapêuticos. Evidências epidemiológicas têm demonstrado que o consumo regular destas frutas está associado à redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo e, conseqüentemente, ao risco de surgimento de várias enfermidades, como as doenças crônicas não transmissíveis e alguns tipos de câncer (JOSHIPURA et al., 2009; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). No entanto, nos últimos anos, foi registrada maior exploração econômica de produtos e subprodutos de algumas frutas da região e maior agressão ao Cerrado, o que coloca em risco de extinção as diversas espécies de plantas, entre elas algumas frutíferas nativas da região (SOARES et al., 2009).

Inúmeras espécies nativas do Cerrado brasileiro fornecem frutos com características sensoriais exóticas e altas concentrações de nutrientes, que desempenham importantes papéis, tanto econômicos, via comercialização de seus produtos, quanto nutricionais, em virtude de seu consumo *in natura* ou de seus derivados (CARDOSO et al., 2011). Conforme descrito por Soares et al. (2009), para as espécies frutíferas nativas do Cerrado, existe um mercado potencial e em desenvolvimento a ser mais bem explorado pelos agricultores, já que todo o aproveitamento desses frutos tem sido feito de forma extrativista e predatória. As frutíferas do Cerrado podem servir de fontes de exploração econômica, desde que o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas, obtendo produtos viáveis e que tenham aceitação no mercado, viabilize seu aproveitamento (CARDOSO et al., 2011; MARTINOTTO et al., 2008). Uma

alternativa viável para aumentar a disponibilidade e agregar ainda mais valor às frutas exóticas brasileiras é a criação de novos produtos tais como sucos, sorvetes, geleias, licores, doces, entre outros (SOUZA et al., 2012).

Pelo fato de não serem acessíveis a grande parte da população, as frutas do Cerrado são pouco exploradas e há dados insuficientes sobre sua composição química e potencialidade como fonte de compostos bioativos (GONÇALVES, 2008). Informações a respeito do valor nutricional e funcional destes frutos são ferramentas básicas para estimular o consumo e a formulação de novos produtos (SILVA et al., 2008). Além de estes frutos exóticos serem considerados uma possível fonte de renda monetária para as populações e os agronegócios locais (ALMEIDA et al., 2011).

As espécies podem ter a sua constituição química variável, quantitativa ou qualitativamente de acordo com os fatores ambientais como o solo, a temperatura, a altitude e as estações climáticas (MARTINS-RAMOS; BORTOLUZZI; MANTOVANI, 2010). Dentre as inúmeras espécies frutíferas do Cerrado destacam-se:

### **Araçá**

O araçá (*Psidium guineense* Swartz) (FIGURA 2) é um fruto que pertence à família Myrtaceae e ordem Myrtales. Conhecido também como goiaba-da-guiné, araçaiá, araçá-do-campo, araçá-azedo ou araçá-mirim, floresce de junho a dezembro com frutificação de outubro a março (DAMIANI, 2009).

O fruto do araçá quando maduro apresenta uma baga globosa, esférica, de cor branco-amarelada, verde amarelada, amarelo-pálida ou amarela. A polpa é branca, mucilaginosa, doce, levemente ácida, com numerosas pequenas sementes. Ademais, apresenta ótimas características nutricionais, sendo considerada fonte de cálcio (48 mg), fibras (5,2 g) e proteínas (1,5 g), pode ser

consumida *in natura* ou em forma de sucos, doces, refrescos, sorvetes e licores (ANDERSEN; ANDERSEN, 1988; DAMIANI et al., 2011; REISSIG, 2015).

Figura 2 - Araçá (*Psidium guineense* Sw.).



Fonte: Instituto Brasileiro de Florestas - IBF (2013).

Sob o ponto de vista industrial outra característica importante consiste no elevado rendimento da polpa (81,43%), além de ser facilmente cultivado em qualquer tipo de solo. Tais características evidenciam o potencial econômico do fruto no mercado nacional e internacional (GONÇALVES, 2008; HAMACEK, 2012; TEIXEIRA; OLIVEIRA; RAMOS, 2013).

### **Buriti**

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) (FIGURA 3) em tupi-guarani significa *dembyriti* – palmeira que emite líquido, conhecido pelos índios como um indicador da presença de água (MARTINS; SANTELLI; FILGUEIRAS, 2006). Pertencente à família Arecaceae e ao gênero *Mauritia*; a palmeira buriti está distribuída amplamente na Floresta Amazônica do Brasil (DELGADO; COUTURIER; MEJIA, 2007), e pode ser encontrada em diversas cidades das regiões Norte e Nordeste (MOREIRA et al., 2014). O buriti nas regiões do

Cerrado floresce entre os meses de março a maio, contudo apresenta frutos durante quase todo ano (LEAL, 2005).

Figura 3 - Buriti (*Mauritia flexuosa* L.).



Fonte: Guião (2012).

O fruto apresenta polpa de coloração amarelo-alaranjada, com sabor agridoce, consistência amilácea e oleosa (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007); semente globosa e uma casca dura, formada por pequenas escamas de coloração castanho-avermelhadas (CASTRO et al., 2014). Dentre as várias frutíferas nativas do Cerrado, os buritizais apresentam grande utilidade, visto que praticamente todas as suas partes são aproveitadas, incluindo até mesmo o tronco, do qual se extrai fécula e palmito (LOUREIRO et al., 2013). Esta espécie é também caracterizada por ser extremamente importante em estratégias de preservação da fauna, uma vez que seus frutos são fontes essenciais de alimentos para diversas espécies (ROSSI et al., 2014).

Os frutos são muito utilizados na culinária, em receitas de geleia, sorvetes, cremes, doces, sucos e óleo comestível (PINTO; SILVA; SARAIVA, 2012). Barbosa, Lima e Mourão Junior (2009), distribuíram os constituintes dos frutos em casca, polpa, fibra e semente. Quanto ao rendimento do fruto, Albuquerque e Regiani (2006) reportaram ter encontrado: 50% de polpa, 45,2%

de caroço e 7,8% de casca. Para as populações de baixa renda, a fruta buriti pode ser considerada uma fonte de alimento, uma vez que apresenta adequados valores nutricionais, destacando-se os carotenoides, fibras e ferro. É considerada uma das frutas que mais contém vitamina A (ou caroteno) no mundo, com cerca de 20 vezes mais do que a cenoura (EMBRAPA, 2007; LORENZI et al., 2006; SAMPAIO, 2011; SILVA et al., 2007).

### **Cagaita**

A cagaita ou cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) (FIGURA 4), fruto exótico pertencente à família Myrtaceae, encontra-se amplamente distribuído nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia, em Cerrados e Cerradões, com floração de agosto a setembro e frutificação entre os meses de setembro e outubro (MARTINOTTO et al., 2008). Toda a produção destas frutas ocorre de forma extrativista, a partir de populações naturais da espécie, não se conhecendo qualquer iniciativa de plantio organizado (VIEIRA et al., 2010).

Figura 4 - Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.).



Fonte: Vascounto (2015).

A importância principal do aproveitamento da cagaita se dá pelo potencial alimentício de seus frutos (CAMILO, 2015). Tal fruta apresenta formato globoso, levemente achatado, casca de coloração amarelo-claro e polpa que corresponde a aproximadamente 90% do peso do fruto, sabor agradável e levemente ácido (BEDETTI et al., 2013; CARDOSO et al., 2011). Além do consumo *in natura*, a polpa da cagaita pode ser utilizada para fabricação de produtos alimentícios, como doces, sucos, licores, sorvetes, compotas e geleias (VIEIRA et al., 2010). Em virtude de suas características químicas, como elevada umidade (91,56%), pH ácido (3,3) e baixa acidez titulável (0,73 g de ácido cítrico/100 g), o fruto mostra-se apto ao desenvolvimento de bebidas, especialmente o suco (BRASIL, 2009; CARDOSO et al., 2011).

Em razão da sazonalidade do fruto e à ausência de técnicas de processamento, que permitam obter produtos de qualidade e com longa vida útil, não se encontram disponíveis em todas as regiões do Brasil (SANTOS et al., 2012). O desenvolvimento de produtos alimentares a base de cagaita pode representar alternativa de significância econômica, social e nutricional para as famílias residentes em áreas de Cerrado (BEDETTI et al., 2013; SILVA et al., 2008).

## **Cajá**

No Brasil, o fruto da cajazeira é encontrado principalmente nos estados do Norte e Nordeste, onde são conhecidos por diferentes denominações, tais como: cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim e taperebá (OLIVEIRA; COSTA; AFONSO, 2014; SOARES et al., 2006). O cajá (*Spondias mombin* L.) (FIGURA 5) pertencente à família Anacardiaceae, apresenta padrão de atividade respiratória similar aos frutos climatérios e a sua safra varia de região para região, como exemplo, entre janeiro a maio no Ceará, fevereiro a maio na região

Sudeste da Bahia, entre maio a junho na Paraíba e entre agosto a dezembro no Pará (FRAIFE FILHO; LEITE; RAMOS, 2013).

Figura 5 - Cajá (*Spondias mombin* L.).



Fonte: Tomazella (2014).

O cajá é uma fruta com casca de cor alaranjada, fina e lisa, sua polpa é succulenta com sabor agridoce, no entanto, não é muito consumido *in natura* por apresentar alta acidez (BOSCO et al., 2000; FRAIFE FILHO; LEITE; RAMOS, 2013). A polpa apresenta rendimento superior a 60%, e por isso é muito utilizado na confecção de geleias, néctares, iogurte, sucos, picolés e sorvetes de qualidade elevada e expressivo valor comercial (SOBRINHO, 2014). Sacramento e Souza (2000), em uma revisão técnica, reportam que os frutos de cajá são fontes de vitaminas A (64,0 mg/100 g), B<sub>1</sub> (50,0 mg/100 g), B<sub>2</sub> (40,0 mg/100 g), C (35,90 mg/100 g) e niacina (0,26 mg/100 g).

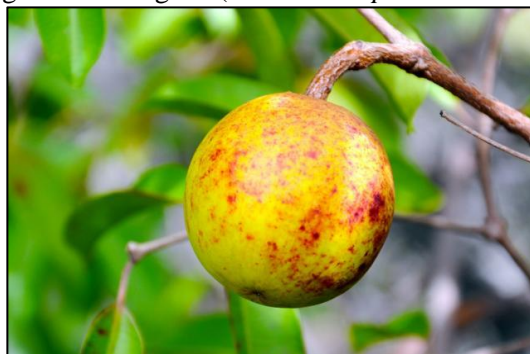
Ainda que o cultivo do cajá tenha apresentado expansão e desenvolvimento, por ser um fruto perecível e ter sua produção entre 3 a 4 meses por ano (MATA; DUARTE; ZANINI, 2005), uma tecnologia de processamento para conservação torna-se necessária a fim de disponibilizá-lo por períodos maiores (OLIVEIRA; COSTA; AFONSO, 2014).



## Mangaba

A frutífera mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) (FIGURA 6), pertencente à família Apocynacea, nativa do Brasil, está presente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste nas áreas do Cerrado e Caatinga e apresenta frutificação entre outubro e dezembro (VENTURINI FILHO, 2010).

Figura 6 - Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes).



Fonte: Coelho (2016).

A mangaba, cuja denominação é de origem indígena e significa “coisa boa de comer”, é um fruto do tipo baga, de forma, tamanho e cor variada, geralmente redonda ou elipsoidal, com polpa amarela e adocicada (GANGA; CHAVES; NAVES, 2009; VENTURINI FILHO, 2010) e possui casca amarelada com manchas vermelhas quando maduro (ARAÚJO et al., 2009). Apresentam boa digestibilidade e elevado valor nutricional, com conteúdo proteico superior ao da maioria das frutas comercializadas (VIEIRA NETO, 2001).

O fruto da mangabeira é constituído de polpa (77%), casca (11%) e semente (12%), apresenta bom valor nutricional e em sua composição são encontrados proteínas (0,7 g/100 g) e ferro (28 mg/100 g). Entre as diversas frutas pesquisadas, a mangaba é considerada uma das mais ricas em ferro, além

de ser uma fonte potencial de ácido ascórbico, por apresentar teores mais elevados que as frutas cítricas, que são citadas como referência em relação a esta vitamina (SOARES et al., 2006).

Apesar do fruto apresentar grande aceitação para o consumo *in natura*, por ser altamente perecível, com um curto tempo de vida útil, a sua maior importância econômica é decorrente da comercialização com as agroindústrias processadoras de polpas de frutas, que por sua vez, destacam-se pela produção de sucos, sorvetes, geleias e outros (FERRO, 2012).

### **Marolo**

O marolo (*Annona crassiflora* Mart.) (FIGURA 7), espécie arbórea que pertence à família Annonaceae e à ordem Magnoliales, é uma das 25 espécies mais comuns do Cerrado (SOARES et al., 2009).

Figura 7 - Marolo (*Annona crassiflora* Mart.).



Fonte: Araújo (2013).

Popularmente conhecido como: araticum-do-Cerrado, araticum-do-campo e pinha-do-Cerrado, proporciona atrativos sensoriais como cor, sabor e aroma peculiar e intenso, além do elevado valor nutricional (DAMIANI, 2009). Coletado entre fevereiro e março e classificado como climatério, o marolo é

considerado um fruto do tipo baga, subglobuloso, que apresenta coloração verde quando em desenvolvimento e marrom quando maduro. A polpa, cuja coloração varia do branco ao amarelo, é levemente adocicada (ROESLER et al., 2007; SOARES et al., 2009).

O marolo é uma fruta rica em diversos elementos e em sua composição destacam-se as vitaminas, além dos minerais ferro (2,3 mg/100 g), fósforo (24,0 mg/100 g), e cálcio (52,0 mg/100 g) (ALMEIDA et al., 1998). É tido como uma espécie de interesse econômico, particularmente pela utilização de seus frutos na culinária. Além do consumo *in natura*, sua polpa adocicada é utilizada como matéria-prima em várias receitas de doces, geleias, sorvetes e bebidas (licores e sucos). Esse aproveitamento é bastante disseminado entre os habitantes do Cerrado brasileiro, podendo ser encontrados, inúmeros pratos típicos da região (SOARES et al., 2009).

## **2.2 Suco de frutas**

O mercado de bebidas à base de frutas *in natura* tem crescido nitidamente, motivado pela necessidade cada vez maior da população em ingerir alimentos saudáveis. Além do fator nutricional, o que torna os sucos de frutas naturais um atrativo nas dietas são as características sensoriais como a diversidade de sabor, textura e cor (SOUSA et al., 2010).

Segundo a Associação Europeia de Sucos de Frutas (AIJN, 2016) em 2015, o consumo de suco de fruta e néctar na União Europeia foi de 9,6 bilhões de litros, o que totaliza um nível de consumo per capita de 18,9 litros. Globalmente, o consumo de sucos de frutas e néctar registrou um total de 38,5 bilhões de litros, com a União Europeia sendo a maior região de consumo, seguida pela América do Norte.

A indústria brasileira, consciente da capacidade produtora de frutas do país, se favorece da tecnologia para investir num mercado em expansão: o de sucos prontos. Este mercado promissor tem sido disputado por várias empresas alimentícias que buscam a elaboração de novos produtos (LABOISSIÈRE et al., 2007). Conforme pesquisa realizada pela Newtrade (2016), o consumo de sucos prontos tende a crescer 36,3% entre 2016 e 2018 ou 10,8% ao ano no Brasil, o qual partirá de 361 milhões de litros (2015) e alcançará 492 milhões de litros em 2018.

Segundo a Legislação (Decreto nº 6.871/2009), suco ou sumo é a bebida não concentrada, não fermentada e não diluída, destinada ao consumo, obtida de fruta sã e madura, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, sujeito a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2009). No entanto, a Instrução Normativa nº 12/2003, sobre regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical, define o suco como um produto obtido pela dissolução em água potável da polpa da fruta de origem tropical por processamento tecnológico adequado, onde o suco pode conter um mínimo de 50% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com alta acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte, que neste caso o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 35% (m/m). Com exceção da fruta mangaba, que caso seja adoçada pode conter um mínimo de 30% (m/m) de polpa (BRASIL, 2003). Em complemento, o Decreto nº 3.510, de 16 de junho de 2000, que modifica o inciso III, do Art. 40, do Decreto nº 2.314, de 1997, determina que ao suco poderá ser adicionado açúcar na quantidade máxima fixada para cada tipo, através de ato administrativo, obedecendo o percentual máximo de 10%, calculado em g açúcar/100g de suco (BRASIL, 2000).

O processamento de polpas e sucos de fruta é uma atividade agroindustrial, importante na medida em que agrega valor econômico à fruta,

evita desperdícios e minimiza perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de possibilitar ao produtor uma alternativa na utilização das frutas (NASCIMENTO, 2008).

### **2.3 Suco de frutas mistas**

A crescente busca dos consumidores por uma variedade maior de frutas em sua dieta é gerada devido a uma série de fatores que levam às modificações nos hábitos alimentares, tais como: fatores ecológicos, campanhas publicitárias, envelhecimento da população, cuidado com a saúde e aspectos nutritivos dos alimentos, ampliando o conjunto consumidor, gerando tendência de um consumidor aberto a novos sabores, atraído por novos produtos. Esse interesse não é somente por frutas tropicais frescas, mas também para sucos processados (SOUSA, 2006).

Marcado pelo dinamismo do setor, um mercado em expansão é o de sucos mistos, visto que essa tendência é mais observada em produtos que empregam, em suas formulações, frutas tropicais. Os sucos mistos são sucos elaborados com mais de uma fruta, com a finalidade de melhorar as características sensoriais dos componentes isolados, além de poder agregar valor nutricional, seja pelo aumento do teor de vitaminas, seja pela inserção de compostos com características funcionais (BEZERRA et al., 2013; MATTIETTO; YANO; VASCONCELOS, 2006).

Com sabores e aromas exóticos os sucos mistos de frutas estão sendo produzidos em todo o mundo. Esses produtos podem ser gaseificados ou não, contendo um teor variável de suco de frutas. Existem razões lógicas para produzir misturas de sucos puros, tais como: corrigir baixos níveis de sólidos solúveis; equilibrar sucos com sabores fracos, suaves ou excessivamente fortes principalmente com acidez elevada, adstringência, ou amargor de certos frutos;

melhorar a cor e textura de alguns sucos; diminuir custos por meio da adição de frutas mais baratas às frutas de alto custo, como as frutas exóticas; além de suprir a escassez e disponibilidade sazonal de certos nutrientes do suco (SOUSA, 2006).

Conforme descrito por Zotarelli, Zanatta e Clemente (2008), produtos mistos de frutas reúnem características nutricionais de duas ou mais frutas, proporcionam características sensoriais agradáveis, conquistando desta forma o espaço nobre no mercado consumidor. O mix de sabores aumentou, conforme se tornaram mais populares tanto para consumidores quanto produtores. Para os consumidores, a diversidade de ofertas de mix de sabores oferece variação e também são percebidos pelos benefícios nutricionais e funcionais (AIJN, 2016).

Castro et al. (2014), desenvolveram um néctar misto de abacaxi e seriguela e caracterizaram as propriedades físico-químicas, encontrando como resultado uma boa opção do aproveitamento de produtos sazonais que agrega valor comercial a um néctar tradicional. Morzelle et al. (2009), em pesquisa desenvolvida com néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) e ata (*Annona squamosa* L.), avaliaram as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas e obtiveram um produto atraente em função de suas características sensoriais com potencial tecnológico, principalmente, quando relacionado ao aspecto de agregação de valor ao produto do Cerrado.

Lima et al. (2008), elaboraram uma bebida à base de água de coco e suco de acerola e avaliaram sua estabilidade durante 180 dias de armazenamento à temperatura ambiente, sendo realizada análise sensorial, química e físico-química. Os autores concluíram que essa mistura é viável na elaboração de bebidas podendo representar um bom potencial de mercado a ser explorado. Faraoni et al. (2012), desenvolveram um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas e realizaram análises físico-químicas das formulações desenvolvidas. Todas as formulações foram aceitas sensorialmente,

porém sugerem que as polpas de goiaba e manga devem estar numa proporção maior na mistura, pois favoreceram a aceitação.

Pereira et al. (2009), em estudos com uma bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola na forma de “pronta para beber”, avaliaram 10 formulações de bebidas mistas quanto às determinações físico-químicas, componentes funcionais e atributos sensoriais. Com base nos resultados, concluiu-se que a polpa de acerola foi o componente que proporcionou consistência à mistura, uma vez que as formulações que continham maior concentração de sua polpa apresentaram melhor aceitação sensorial. De modo geral, polpas de abacaxi e acerola influenciaram positivamente no sabor.

Em pesquisa com sucos mistos elaborados com frutas tropicais, Bezerra et al. (2013) afirma que a mistura de acerola, maracujá e taperebá pode agregar valor nutricional ao produto final, sendo esta uma estratégia interessante para se obter um produto com caráter funcional.

Inúmeros estudos têm apontado a adição de polpas de frutas, ricas em vitamina C, na formulação de sucos mistos como responsáveis pela melhora da qualidade nutricional do produto final (BEZERRA et al., 2013; CURI, 2017; LEONE, 2009). Portanto, a adição de determinados ingredientes ao suco proporciona melhor aceitabilidade quanto às respostas sensoriais, além de resultar em uma bebida enriquecida nutricionalmente.

## REFERÊNCIAS

ABIR - Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas. **A Indústria de Refrigerantes e de Bebidas não alcoólicas**. 2012. Disponível em: <<http://www.abir.org.br/>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

AIJN - Associação Europeia de Sucos de Frutas. **Fruta Líquida: Relatório de mercado**. 2016. Disponível em: <[http://www.citrusbr.com/download/biblioteca/AIJN\\_Market\\_Report\\_por-BR\(002\).pdf](http://www.citrusbr.com/download/biblioteca/AIJN_Market_Report_por-BR(002).pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2016.

ALBUQUERQUE, S. R. S.; REGIANI, A. M. **Estudo do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) para obtenção de óleo e síntese de biodiesel**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Acre. **Anais eletrônicos...** Acre: SBQ, 2006. 1 CD-ROM.

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

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa CPAC, 1998. 464 p.

ALVES, A. M.; ALVES, M. S. O.; FERNANDES, T. O.; NAVES, R. V.; NAVES, M. M. V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 837-844, 2013.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 203 p.

ARAÚJO, A. C. **Projeto de extensão sobre o “marolo” é um dos 14 finalistas do Prêmio Santander Universidade Solidária**. 2013. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/comunicacao/>>. Acesso em: 05 dez. 2016.

ARAÚJO, I. A.; FERREIRA, E. G.; SOARES, K. T.; FONTINÉLLI, I. S. C. **Mangabeira: características físicas de frutos da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) cultivada na zona da mata Paraibana**. 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/Mangabeira/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Mangabeira/index.htm)>. Acesso em: 25 nov. 2016.



BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO JUNIOR, M. **Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. - *Arecaceae*):** estimativas de produtividade de polpa abire óleo vegetal em uma área de savana em Roraima. Amazônia: INPA, 2009. 24 p. (Relatório de Pesquisa).

BEDETTI, S. F.; CARDOSO, L. M.; SANTOS, P. R. G.; DANTAS, M. I. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Néctar de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 125-138, 2013.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a Produção de Biodiesel.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 53 p.

BEZERRA, C. V.; SILVA, L. H. M.; COSTA, R. D. S.; MATTIETTO, R. A.; RODRIGUES, A. M. C. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2013.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P.; BARROS, R. V. **A cultura da cajazeira.** João Pessoa: EMEPA-PB, 2000. 29 p.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura utilizando modelo de casson. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-189, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 3.510, de 16 de junho de 2000. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de jun. 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 de set. 2003. Disponível em: <<http://www.idec.org.br>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Federal nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Aprova o Regulamento de Registro, a Padronização, a Classificação, a Inspeção e a Fiscalização da Produção e do Comércio de Bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 de jun. 2009. Seção I. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 18 dez. 2016.

CAMILO, Y. M. V. **Avaliação de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.) cultivadas no município de Goiânia, GO**. 2015. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Netherlands, v. 44, n. 7, p. 2151–2154, 2011.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do Baru**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2010. 56 p.

CASTRO, D. S.; NUNES, J. S.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, T. K. B.; SILVA, L. M. M. Desenvolvimento e avaliação físico-química de néctar misto de abacaxi (*Ananas comosus*) e Seriguela (*Spondias purpurea*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 1, p. 06-09, 2014.

COELHO, S. **Mangaba ganha repositório digital atualizado**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/13680863/mangaba-ganha-repositorio-digital-atualizado>>. Acesso em: 07 dez. 2016.

CUNHA, D. E.; SCHERER, F. L.; SILVA, A. H.; HORBE, T. A. N. Análise do comportamento do consumidor na decisão de compra de sucos: um estudo na região sul do Brasil. **Revista Unifamma**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 01-17, 2014.

CUNHA, M. C. **Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)**. 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

CURI, P. N.; ALMEIDA, A. B.; TAVARES, B. S.; NUNES, C. A.; PIO, R.; PASQUAL, M.; SOUZA, V. R. Optimization of tropical fruit juice based on sensory and nutritional characteristics. **Food Science and Technology**, Campinas, 2017. doi: 10.1590/1678-457x.24716.

DAMIANI, C. **Caracterização e agregação de valor aos frutos do Cerrado: araçá (*Psidium Guineensis* Sw.) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.)**. 2009. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; ASQUIERI, E. R.; LAGE, M. E.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L. J.; SILVA, E. P.; PAULA, N. R. F. Characterization of fruits from the savanna: Araçá (*Psidium guineensis* Sw.) and Marolo (*Annona crassiflora* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 723-729, 2011.

DELGADO, C.; COUTURIER, G.; MEJIA, K. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. **Fruits**, France, v. 62, n. 3, p. 157-169, 2007.

EMBRAPA. **Frutas Nativas do Cerrado**. 2007. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/tecnologia/floranativa.html>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A. N.; LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 911-917, 2012.

FERRO, J. H. A. **Conservação da polpa de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2012. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Alagoas, Rio Largo, 2012.

FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Cajá**. 2013. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/caja.htm>> Acesso em: 25 nov. 2016.

FREITAS, J. B.; CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R. Geleia de gabioba: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 87-94, 2008.

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 395-404, 2009.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e de polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C.** 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2008.

GUIÃO, M. **As 1001 utilidades do Buriti.** 2012. Disponível em: <<http://www.revistaecologico.com.br/materia.php?id=50&secao=670&mat=726>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

HAMACEK, F. R. **Caracterização física, química e valor nutricional de espécies frutíferas do cerrado de Minas Gerais.** 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Mapa de biomas e vegetação.** 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.html>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

IBF - Instituto Brasileiro de Florestas. **Araçá verde - *Psidium guineense* Sw.** 2013. Disponível em: <<http://ibflorestas.org.br/loja/arvores-frutiferas/muda-40a60-araca-verde.html>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

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.

LABOISSIÈRE, L. H. E. S.; DELIZA, R.; BARROS-MARCELLINI, A. M.; ROSENTHAL, A.; CAMARGO, L. M. A. Q.; JUNQUEIRA, R. G. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of yellow passion fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxon, v. 8, n. 4, p. 469–477, 2007.

LEAL, A. F. **Condições do extrativismo e aproveitamento das frutas nativas da microrregião de Teresina – Piauí.** 2005. 93 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2005.

LEONE, R. S. **Desenvolvimento de suco misto de frutas e hortaliça para melhoria da qualidade nutricional e funcional**. 2009. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; SILVA, F. V. G.; FIGUEIREDO, E. A. T. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 683-690, 2008.

LORENZI, H.; BACHER, L. B.; LACERDA, M. T. C.; SARTORI, S. F. **Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. São Paulo: Plantarum, 2006. 640 p.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

MARTINOTTO, C.; PAIVA, R.; SOARES, F. P.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras: UFLA, 2008. 21 p. (Boletim Técnico, nº 78).

MARTINS, R. C.; SANTELLI, P.; FILGUEIRAS, T.S. Buriti. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Org.). **Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p. 102-118.

MARTINS-RAMOS, D.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Plantas medicinais de um remascente de Floresta Ombrófila Mista Altomontana, Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v.12, n.3, p. 380-397, 2010.

MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade de polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 488-498, 2005.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de duas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 156-164, 2010.

MATTIETTO, R. A.; YANO, C. Y. B.; VASCONCELOS, M. A. M. **Caracterização de um “blend” tropical elaborado com polpa de maracujá, acerola e taperebá.** Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 59).

MOREIRA, I. S.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SILVA, W. P. Elaboração e avaliação das características físicas e físico-químicas de néctar misto de buriti e pupunha. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, n. 2, p. 77-80, 2014.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUNÇÃO, C. F.; FLORES, J. C. F.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) e ata (*Annona squamosa* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 389-393, 2009.

NASCIMENTO, S. **Conodontes e a Cronoestratigrafia da Base da Seção Pensilvania, na Região de Itaituba, Porção Sul da Bacia do Amazonas, Brasil.** 2008. 246 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NEWTRADE. **Consumo de sucos prontos vai crescer 36,3% até 2018.** 2016. Disponível em: <<http://newtrade.com.br/consumo-de-sucos-prontos-vai-crescer-363-ate-2018/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1059-1064, 2014.

PEREIRA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. M. A.; FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 59, n. 4, p. 441-447, 2009.

PINTO, M. V. S.; SILVA, D. L.; SARAIVA, A. C. F. Obtenção e caracterização de carvão ativado de caroço de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) para a avaliação do processo de adsorção de cobre (III). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 541-548, 2012.

- REISSIG, G. N. **Geleias convencionais e diet de araçá e de pitanga: estabilidade no processamento e armazenamento.** 2015. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- RESENDE, M. L. F.; GUIMARÃES, L. L. **Inventários da Biodiversidade do bioma do cerrado: biogeografia de plantas.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 14 p.
- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.
- ROSSI, A. A. B.; GOMES, A. D.; SILVEIRA, G. F.; RAMALHO, A. B.; BARBOSA, R. Caracterização morfológica de frutos e sementes de *Mauritia flexuosa* L. f. (ARECACEAE) com ocorrência natural na Amazônia Matogrossense. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 852-862, 2014.
- 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**, Oxon, v. 121, n. 4, p. 996-1022, 2010.
- SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. **Cajá (*Spondias mombin* L.).** Jaboticabal: Funep, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, 4).
- SAMPAIO, M. B. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2011. 80 p.
- SANTOS, P. R. G.; CARDOSO, L. M.; BEDETTI, S. F.; HAMACEK, F. R.; MOREIRA, A. V. B.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 281-290, 2012.
- SILVA, J. M.; COELHO, M. J.; LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L. S.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; FERREIRA, R. S. Evaluation of Carotenoid Contents in Irradiated Buriti (*Mauritia flexuosa* L.). In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 2007, Santos. **Anais eletrônicos...** Santos: INAP, 2008. p. 1-5. Disponível em: < [https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2007/pdf\\_dvd/E10\\_1322.pdf](https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2007/pdf_dvd/E10_1322.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2016.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, D. R. G.; PAIVA, P. D. O. Cultura da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Boletim Agropecuário - UFLA**, Lavras, n. 67, p. 1-12, 2006.

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; STEIN, V. C.; SANTANA, J. R. F. Marolo: uma frutífera nativa do Cerrado. **Boletim Técnico - UFLA**, Lavras, n. 82, p. 1-17, 2009.

SOBRINHO, I. S. B. **Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas**. 2014. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014.

SOUSA, P. H. M. **Desenvolvimento de néctares mistos de frutas tropicais adicionados de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng***. 2006. 134 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; AZEREDO, H. M. C.; RAMOS, A. M.; FIGUEIREDO, R. W. Storage stability of a tropical fruit (cashew apple, acerola, papaya, guava and passion fruit) mixed nectar added caffeine. **International Journal of Food Science and Technology**, Hoboken, v. 45, p. 2162–2166, 2010.

SOUZA, V. R.; PIMENTA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Oxon, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

TEIXEIRA, T. R.; OLIVEIRA, A. N.; RAMOS, A. M. Efeitos da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de araçá-boi. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 31, n. 2, p. 1-10, 2013.

TOMAZELLA, N. **Os benefícios e propriedades do delicioso cajá**. 2014. Disponível em: <<http://www.remedio-caseiro.com/os-beneficios-e-propriedades-delicioso-caja/>>. Acesso em: 12 dez. 2016.



VANDRESEN, S. **Caracterização físico-química e comportamento reológico de sucos de cenoura e laranja e suas misturas**. 2007. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

VASCOUTO, L. **11 Frutas do cerrado que todo brasileiro deveria conhecer**. 2015. Disponível em: <<http://nodeoito.com/11-frutas-do-cerrado-que-todo-brasileiro-deveria-conhecer/>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. 461p.

VIEIRA NETO, R. D. **Recomendações técnicas para o cultivo da mangabeira**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 26 p. (Circular Técnica, 20).

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. D. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 322 p.

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

ZOTARELLI, M. F.; ZANATTA, C. L.; CLEMENTE, E. Avaliação de geléias mistas de goiaba e maracujá. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 562-567, 2008.

**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - FRUTAS DO CERRADO: CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA, QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS  
BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE  
E AVALIAÇÃO SENSORIAL**

Normas da Revista Científica: Food Chemistry  
ISSN: 0308-8146  
(versão preliminar)

Maria Cecília E. V. Schiassi<sup>1\*</sup>, Vanessa R. de Sousa<sup>1</sup>, Amanda M. T.  
Lago<sup>1</sup>, Letícia G. Campos<sup>1</sup>, Fabiana Queiroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-000, Brasil.

\*Autor correspondente: Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi, Campus Universitário, Laboratório de Análise de Alimentos, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.  
Tel: (+55) (35) 988154412; E-mail: vasconcelosmariauf@gmail.com.

## RESUMO

Diante da importância econômica do processamento de frutas, este estudo objetivou analisar a composição química, compostos bioativos, atividade antioxidante e aceitação sensorial de polpas de frutas do Cerrado brasileiro, como araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. As polpas avaliadas foram caracterizadas por alta umidade, baixo teor proteico e valor energético reduzido. A polpa de marolo apresentou os maiores valores de carboidratos, valor energético, pH, açúcar total, sólidos solúveis, pectina total, fibra total, potássio e magnésio. A polpa de cajá obteve o maior conteúdo de fósforo e o buriti, maior teor de ferro. A polpa de marolo evidenciou elevado potencial antioxidante pelos métodos de ABTS e DPPH, além de alto conteúdo de compostos fenólicos. A polpa de mangaba obteve alto teor de ácido ascórbico e o buriti de carotenoides. Por fim, o suco elaborado com polpa de cagaita e polpa de marolo apresentou maior aceitação sensorial. A composição das polpas dos frutos do Cerrado avaliados demonstra o potencial destas frutas para exploração no desenvolvimento de novos produtos alimentícios. O consumo destes frutos fornece quantidade apreciável de nutrientes, atendendo às necessidades dos consumidores.

Palavras-chave: Frutas tropicais. Polpa. Compostos bioativos. Características nutricionais.

## **1. Introdução**

O bioma Cerrado, entre as mais ricas savanas do mundo, constitui um imensurável patrimônio de recursos naturais renováveis, com destaque para as espécies frutíferas exóticas detentoras de características sensoriais únicas e intensas. Estes atributos tornam os frutos uma fonte potencial de exploração para a indústria alimentícia na busca por inovações e produtos saudáveis (Morzelle, Bachiega, Souza, Vilas Boas, & Lamounier, 2015). O Brasil é um país que apresenta características geográficas e climáticas favoráveis para a produção de frutas. No entanto, um grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas permanece inexplorado, apesar do seu alto potencial nutricional e econômico (Souza, Pereira, Queiroz, Borges, & Carneiro, 2012).

A preocupação com a saúde tem aumentado a demanda por alimentos saudáveis, de baixas calorias e que ofereçam sabor, aroma e diversidade aos consumidores (Damiani et al., 2011a). O aproveitamento de frutos nativos do Cerrado na incrementação da dieta alimentar pode ser considerado uma alternativa para a população brasileira (Castro, Sousa, Nunes, Silva, & Moreira, 2014), uma vez que são conhecidas fontes de

compostos bioativos, tais como fenólicos totais, vitaminas, carotenoides e minerais, que desempenham um papel essencial na prevenção de doenças e que correspondem a alta atividade antioxidante destes frutos (Almeida et al., 2011; Siqueira, Rosa, Fustinoni, Sant'Ana, & Arruda, 2013). O elevado consumo de frutas tem sido associado a uma menor incidência de doenças como câncer, disfunções cardiovasculares, inflamação, arteriosclerose, declínio do sistema imunológico, bem como na prevenção de processos neurodegenerativos e atividade antiviral (Almeida et al., 2011; Habibi & Ramezani, 2017; Leong & Shui, 2002).

As frutas são também reconhecidas fontes de fibras alimentares, a sua natureza solúvel e insolúvel envolve diferenças em sua funcionalidade tecnológica e efeitos fisiológicos: as fibras solúveis são caracterizadas pela sua capacidade de aumentar a viscosidade, reduzir a resposta glicêmica e o colesterol plasmático; e as fibras insolúveis são associadas a sua porosidade, baixa densidade e capacidade de diminuir o trânsito intestinal (Elleuch, Bedigian, Roiseux, Besbes, Blecker, & Attia, 2011). Os subprodutos obtidos a partir do processamento de frutas, como sucos e bebidas, se destacam como fontes novas e econômicas de um ingrediente funcional e saudável (Jeddou et al., 2017).

A caracterização físico-química dos frutos do Cerrado e a quantificação de seus componentes são importantes para a compreensão do seu valor nutricional, com a finalidade de aumentar a qualidade e agregar maior valor ao produto final (Souza, Pereira, Queiroz, Borges, & Carneiro, 2012). As frutas nativas são espécies fundamentais neste ecossistema e, se previamente analisadas podem incentivar um maior consumo destas espécies (Damiani et al., 2011a), frente a seu possível potencial de inserção no mercado nacional e internacional (Morzelle, Bachiega, Souza, Vilas Boas, & Lamounier, 2015).

Informações a respeito das características químicas e do valor nutricional dos frutos do Cerrado são ferramentas básicas para avaliação do consumo e formulação de novos produtos, no entanto, poucos dados estão disponíveis na literatura especializada, o que ressalta a necessidade de pesquisas científicas sobre o assunto. Com base neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a composição química, quantificar os compostos bioativos e a atividade antioxidante presente na polpa de seis tipos de frutos do Cerrado: araçá (*Psidium guineense* Swartz), buriti (*Mauritia flexuosa* L.), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), cajá (*Spondias mombin* L.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.).

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Reagentes químicos

Os seguintes reagentes químicos foram utilizados nos experimentos: acetona, 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS), ácido acético, ácido ascórbico, ácido bórico, ácido clorídrico, ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA), ácido galacturônico, ácido gálico, ácido glacial, ácido linoleico, ácido nítrico, ácido oxálico, ácido sulfúrico, ácido tricloroacético, álcool, antrona, beta-caroteno, carbazol, carbonato de sódio, celite, clorofórmio, 2,6-diclorofenolindofenol (DFI), 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), etanol, éter, éter de petróleo, fosfato de sódio, reagente Folin-Ciocalteu, metanol, solução de fenolftaleína, hidróxido de sódio, kisselgur, pectinase, persulfato de potássio, solução tampão pH 4.7 e 10, sulfato de potássio, sulfato de cobre, tetraborato de sódio, tiouréia, 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico (TROLOX) e Tween 40. Além das enzimas alfa-amilase termoestável, protease e amilo glucosidade.



## 2.2. Amostras de polpa

As polpas de araçá (*Psidium guineense* Swartz), buriti (*Mauritia flexuosa* L.), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), cajá (*Spondias mombin* L.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.) foram adquiridas na forma integral da fruta, sem adição de água, aditivos ou processamento térmico, obtidas diretamente de uma empresa processadora de polpas de frutas, localizada no município de Paraibuna, São Paulo (SP), Brasil. As polpas foram acondicionadas em sacos plásticos selados e armazenadas a temperatura de congelamento de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

## 2.3. Análises químicas

As diferentes polpas de frutas foram quantificadas em relação aos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras brutas e dietéticas totais, de acordo com metodologia descrita por Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1995). O valor energético total foi estimado utilizando os fatores de conversão de  $4 \text{ kcal g}^{-1}$  de proteína ou carboidrato e  $9 \text{ kcal g}^{-1}$  de lipídeos segundo método apresentado por

Merril e Watt (1973) e os níveis de carboidratos foram calculados utilizando a fórmula:  $100 - \% \text{ de umidade} - \% \text{ lipídios} - \% \text{ proteína} - \% \text{ cinzas} - \% \text{ fibra alimentar}$ . As amostras foram também avaliadas quanto ao pH, acidez titulável e sólidos solúveis conforme a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2005), e o açúcar total determinado conforme o método proposto por Dische (1962). Para a realização das análises as amostras foram avaliadas por meio de 3 repetições.

#### *2.4. Pectina total e solúvel*

Os teores de pectina total e solúvel foram extraídos de acordo com McCready e McColomb (1952). As amostras foram analisadas em um espectrofotômetro a uma absorvância de 530 nm, no qual para a calibração foi utilizado como branco, solução com 1.0 mL de água, 3.0 mL de tetraborato de sódio e 0.1 mL de carbazol. Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de matéria integral (g/100 g).

## 2.5. *Fibra Alimentar*

As frações insolúvel e solúvel da fibra alimentar foram determinadas segundo o método nº 991.43 da AOAC (1995). A fibra dietética total (FDT) foi determinada utilizando matéria seca e desengordurada. No processo de digestão, as amostras foram aquecidas a 100 °C com  $\alpha$ -amilase (enzima estável ao calor), para que ocorresse a gelatinização, hidrólise e despolimerização do amido.

Em seguida, foram incubadas a 60 °C com protease, para solubilização e despolimerização das proteínas, e amiloglucosidase, para a hidrólise dos fragmentos de amido a glucose. Para a análise de fibra dietética insolúvel (FDI), as enzimas digestivas foram filtradas e o resíduo lavado com etanol 95%. Posteriormente, o filtrado foi então lavado com etanol 78%, etanol 95% e acetona para a determinação de fibra dietética solúvel (FDS). Tanto os cadinhos contendo FDI quanto os contendo FDS foram secos em estufa e pesados, assim, a FDT foi obtida pela soma das frações insolúvel e solúvel.

## 2.6. *Minerais*

Os conteúdos de minerais (cálcio, potássio, fósforo, magnésio e ferro) foram determinados por digestão orgânica úmida, com uma mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (2:1, v/v) adicionados nas amostras trituradas e homogeneizadas, os quais foram concentrados a uma temperatura elevada (Salinas & Garcia, 1985).

Posteriormente, os macroelementos e microelementos foram solubilizados, submetidos a diferentes tratamentos e diluídos para avaliação quantitativa por espectrofotometria, empregando uma curva padrão para cada mineral. Um espectrofotômetro de absorção atômica com acetileno foi utilizado para determinar a concentração de cálcio, ferro e magnésio. Já para a determinação dos minerais potássio e fósforo foi utilizado um fotômetro de chama (768 nm) e um espectrofotômetro de luz visível (420 nm), respectivamente.

### *2.7. Preparo dos extratos das polpas de frutas: atividade antioxidante e fenólicos totais*

Para a obtenção do extrato utilizado na análise de fenólicos e atividade antioxidante seguiu-se o método desenvolvido por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997) com algumas modificações. Aproximadamente 5 g da polpa juntamente com 20 mL de metanol (50%) foram homogeneizados e deixados em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram agitadas em MultiShaker MMS a 200 rpm por 15 minutos e filtradas com o auxílio de papel filtro em frasco de vidro âmbar, onde o extrato obtido foi reservado. Posteriormente, o papel filtro foi lavado com 20 mL de acetona (70%) e os mesmos procedimentos citados anteriormente foram repetidos. Logo após, uniu-se os dois extratos em uma proveta e o volume foi completado para 50 mL com água destilada. Por fim, os extratos foram armazenados em frasco de vidro âmbar e congelados até o momento das análises.

### *2.7.1. Atividade Antioxidante*

#### *2.7.1.1. Método de ABTS*

A determinação da atividade antioxidante foi realizada segundo a metodologia descrita por Re, Pellegrini, Proteggente, Pannala e Rice-Evans (1999). O radical ABTS foi preparado a partir da reação de 5 mL da solução estoque de ABTS com 88  $\mu$ L de persulfato de potássio. A mistura permaneceu ao abrigo da luz por 16 horas, e posteriormente, foi diluída com 1 mL de etanol para se obter uma absorbância de  $0,70 \pm 0,05$  nm a 734 nm. O extrato da polpa (30  $\mu$ L) preparado, como descrito no item anterior, reagiu em um tubo de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS por 6 minutos, em seguida, a leitura da absorbância foi realizada a 734 nm. Para a calibração do espectrofotômetro foi utilizado álcool etílico como branco. Os resultados foram expressos em micromoles de equivalente Trolox por grama de amostra integral ( $\mu$ mol de TEs/g).

#### *2.7.1.2. Método de DPPH*

Inicialmente, a solução de DPPH foi preparada dissolvendo 2.4 mg de DPPH em álcool metílico e o volume completado para 100 mL com álcool metílico. Em tubos de ensaio, 0.1 mL do extrato da polpa

juntamente com 3.9 mL do radical DPPH foram homogeneizados em agitador de tubos e deixados reagir em ambiente escuro por 30 minutos. Para a calibração do espectrofotômetro foi utilizado álcool metílico e as leituras a 515 nm foram monitoradas a cada minuto até sua estabilização, conforme metodologia proposta por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995). Os resultados foram expressos em EC<sub>50</sub> (g de polpa integral/g DPPH).

#### 2.7.1.3. Método $\beta$ -caroteno/ácido linoleico

A determinação da atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico foi realizada segundo Miller (1971). Inicialmente, uma solução foi preparada com 40  $\mu$ L de ácido linoleico, 530  $\mu$ L de Tween 40 e 50  $\mu$ L da solução  $\beta$ -caroteno, juntamente com 1 mL de clorofórmio. O clorofórmio foi evaporado utilizando uma chapa aquecedora e, em seguida, foi adicionada água tratada pelo oxigenador até que se obtivesse uma absorbância entre 0.6 nm e 0.7 nm a 470 nm. Em tubos de ensaio, foram adicionados 0.4 mL do extrato da polpa e 5 mL da solução preparada. Para o preparo do controle, tubos de ensaio contendo 0.4 mL da solução de Trolox e 5 mL da solução sistema  $\beta$ -caroteno/ácido

linoleico foram homogeneizados e mantidos em banho maria a 40 °C. A primeira leitura foi realizada após 2 minutos de efetuada a mistura e depois em intervalos de quinze minutos até 120 minutos, no comprimento de onda de 470 nm. O espectrofotômetro foi calibrado com água e os resultados foram expressos em percentagem de proteção em relação ao controle.

#### *2.7.2. Fenólico Total*

Para determinar o teor de fenólico total, 0.5 mL do extrato da polpa foi adicionado a 2.5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (10%) e 2.0 mL de solução de carbonato de sódio (4%), de acordo com método adaptado de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2002). Ao abrigo da luz, a mistura foi homogeneizada e mantida por um período de 2 horas à temperatura ambiente. As leituras de absorbância foram medidas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 750 nm e para a calibração foi utilizada solução aquosa de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de amostra integral (mg GAEs/100 g).



## 2.8. *Ácido ascórbico*

Inicialmente, os extratos constituídos de 5 g de polpa, 45 mL de ácido oxálico (0.5%) e kieselgur foram mantidos em agitação por 30 minutos e, em seguida, as misturas foram filtradas. Para quantificar o teor de ácido ascórbico (vitamina C) das diferentes amostras, por meio do método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) proposto por Strohecker, Zaragoza e Henning (1967), as amostras foram analisadas em espectrofotômetro a uma absorvância de 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de matéria integral (mg/100 g).

## 2.9. *Carotenoides*

O processo de extração e quantificação dos carotenoides ( $\beta$ -caroteno e licopeno) foi realizado segundo método proposto por Rodrigues-Amaya (2001). Para a extração, cada amostra da polpa foi adicionada de acetona e homogeneizada por um período de 1 hora a 200 rpm em agitador MultiShaker MMS. Por filtração a vácuo, cada

amostra foi lavada três vezes com acetona e, em seguida, uma alíquota de 22.5 mL de éter de petróleo foi vertido através de um funil de separação e os pigmentos transferidos para o funil juntamente com água destilada. Após o descarte da fase inferior, para a completa remoção da acetona as amostras foram lavadas por quatro vezes. A solução de pigmentos foi transferida para um balão volumétrico e completada com éter de petróleo até um volume final de 50 mL. Em espectrofotômetro, as amostras foram analisadas em comprimentos de onda de 450 e 470 nm para o  $\beta$ -caroteno e licopeno, nesta ordem, e para a calibração foi utilizado éter de petróleo. Os coeficientes de extinção para o  $\beta$ -caroteno e licopeno no éter de petróleo são 3450 e 2592, respectivamente, e os resultados foram expressos em mg de  $\beta$ -caroteno ou licopeno por 100 g de amostra.

#### *2.10. Análise sensorial*

Para o preparo das amostras, um pré-teste foi realizado para determinar as melhores proporções de água, polpa e sucralose empregadas na formulação dos sucos de frutas, de acordo com a Legislação, Decreto nº 6.871/2009 (Brasil 2009). Assim, os sucos de

polpa de frutas do Cerrado foram elaborados com as proporções de polpa/água como descrito a seguir: suco de araçá (50%/ 50%); suco de buriti (40%/60%); suco de cagaita (50%/50%); suco de mangaba (30%/70%); e suco de marolo (40%/60%). As seis formulações foram adicionadas 0.02 g de sucralose a cada 100 mL de suco. Os sucos foram homogeneizados e, em seguida, engarrafados em garrafas de vidro esterilizadas de 500 mL e armazenados sob refrigeração de 4-7 °C.

As amostras foram oferecidas aos provadores de forma balanceada (aproximadamente 15 mL) e servidos a uma temperatura de 10 °C. Os copos foram codificados com números de três dígitos e apresentados de forma aleatória (Macfie e outros 1989). Na realização da análise sensorial foi utilizado uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente) para avaliação dos atributos sensoriais cor, sabor, consistência e impressão global dos sucos.

O teste de aceitação foi realizado com 100 provadores (50 do sexo feminino e 50 do sexo masculino) com idade entre 18 e 60 anos, recrutados aleatoriamente dentro da Universidade Federal de Lavras - UFLA (alunos, professores e funcionários). O projeto possui aprovação pelo Comitê de Ética (número 569.345).

### 2.11. Análise estatística

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada ao conjunto de dados referente aos aspectos químicos e físico-químicos, a fim de facilitar a visualização dos dados. Os dados foram dispostos em uma matriz de  $i$  linhas (6 amostras) e  $j$  colunas (16 aspectos químicos e físico-químicos). Os dados foram padronizados (matriz de correlação) e submetidos a PCA através do software Sensomaker versão 1.8 (Pinheiro, Nunes, & Viotoris 2013).

Os efeitos das diferentes amostras foram avaliados por análise de variância (ANAVA) e teste de médias (Tukey  $p \leq 0,05$ ) para o conteúdo de minerais, compostos bioativos, atividade antioxidante e aceitação sensorial com o auxílio do programa estatístico Statistical Analysis System 9.1.2 (SAS, Institute Inc., Cary, U.S.A., 2008).

### **3. Resultados e Discussão**

A Tabela 1 apresenta as médias dos resultados das análises químicas e físico-químicas de polpa de frutas do Cerrado brasileiro araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo, assim como a faixa dos valores encontrados na literatura. A Figura 1 visando facilitar a visualização representa uma análise de componentes principais onde se tem a distribuição espacial das amostras e dos atributos avaliados.

**Tabela 1** Aspectos químicos e físico-químicos das polpas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo.

	Polpa de Frutas					
	Araçá <sup>1</sup>	Buriti <sup>2</sup>	Cagaita <sup>3</sup>	Cajá <sup>4</sup>	Mangaba <sup>5</sup>	Marolo <sup>6</sup>
Umidade (%)	85.93 ± 0.47	79.35 ± 0.99	89.74 ± 0.10	85.62 ± 0.22	83.97 ± 0.78	74.30 ± 0.60
Literatura	80.41-82.36	68.86	92.8-94.34	84.00-92.4	82.40-84.3	70.56-80.16
Lipídeos (%)	1.05 ± 0.16	7.72 ± 0.59	0.49 ± 0.00	0.48 ± 0.04	2.12 ± 0.20	3.78 ± 0.04
Literatura	0.33-0.49	3.55	0.44	0.20	2.37	2.36-3.83
Proteína (%)	0.42 ± 0.00	1.43 ± 0.38	0.77 ± 0.01	0.75 ± 0.00	1.26 ± 0.07	1.27 ± 0.05
Literatura	0.5-1.87	2.12	0.82	0.60-0.78	1.20	1.22-1.99
Cinza (%)	0.43 ± 0.04	1.01 ± 0.03	0.30 ± 0.09	0.67 ± 0.15	0.53 ± 0.16	0.68 ± 0.08
Literatura	0.33-0.44	1.05	0.28	0.40-0.45	0.58	0.54-1.37
Fibra bruta (%)	5.30 ± 1.11	6.02 ± 0.30	0.61 ± 0.13	0.87 ± 0.08	1.35 ± 0.33	1.32 ± 0.06
Literatura	4.82-8.65	-	1.04	1.4	3.40	0.13-4.46
Valor Energético (kcal/100 g)	38.62 ± 3.98	93.08 ± 3.53	39.87 ± 0.44	53.77 ± 0.48	67.18 ± 3.17	113.65 ± 2.48
Literatura	37.09-78.25	85.87	20.01	26.0-64.10	66.21	90.47-127.40
Carboidratos (%)	6.86 ± 1.11	4.47 ± 0.90	8.10 ± 0.54	11.61 ± 0.20	10.78 ± 0.97	18.64 ± 0.53
Literatura	7.67-16.15	11.36	3.08	6.40-15.18	10.02	12.78-24.55
pH	3.57 ± 0.00	4.05 ± 0.01	3.84 ± 0.02	2.94 ± 0.00	3.71 ± 0.00	4.64 ± 0.00
Literatura	3.99	3.47	-	2.63-2.70	3.5	4.44-4.49
Acidez Titulável (g ácido cítrico/100 g)	2.05 ± 0.00	0.47 ± 0.07	0.64 ± 0.00	1.66 ± 0.00	0.90 ± 0.00	0.51 ± 0.00
Literatura	-	1.48	-	1.16-1.73	0.70	0.47
Sólidos Solúveis (°Brix)	12.00 ± 0.00	4.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00	11.00 ± 0.00	10.33 ± 0.58	13.00 ± 0.00
Literatura	10.70	13.67	-	19.00	15.2	11.33-21.40
Açúcar Total (g/100 g)	6.61 ± 0.92	1.32 ± 0.24	5.09 ± 0.10	5.95 ± 0.31	5.55 ± 0.05	9.43 ± 0.03
Literatura	-	-	-	5.35	-	8.83-16.68
Pectina Total (g/100 g)	0.57 ± 0.00	0.59 ± 0.00	0.38 ± 0.00	0.66 ± 0.00	0.41 ± 0.00	1.22 ± 0.00
Literatura	0.72	-	-	-	-	1.3
Pectina Solúvel (g/100 g)	0.46 ± 0.00	0.49 ± 0.00	0.29 ± 0.01	0.39 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.39 ± 0.01
Literatura	0.5	-	-	-	-	0.30
Fibra Dietética Insolúvel (%)	4.29 ± 0.52	1.86 ± 0.34	0.80 ± 0.12	8.05 ± 1.31	10.53 ± 0.67	16.03 ± 0.75
Fibra Dietética Solúvel (%)	0.44 ± 0.12	0.79 ± 0.01	0.76 ± 0.05	7.18 ± 0.21	6.93 ± 0.23	5.59 ± 0.16
Fibra Dietética Total (%)	4.73 ± 0.49	2.65 ± 0.35	1.56 ± 0.11	15.23 ± 1.27	17.46 ± 0.62	21.62 ± 0.64

Valores médios ± desvio padrão de peso da polpa de fruta; n=3.

<sup>1</sup> Literatura para polpa de araçá: Damiani et al. (2011a), Silva, Lacerda, Santos e Martins (2008).

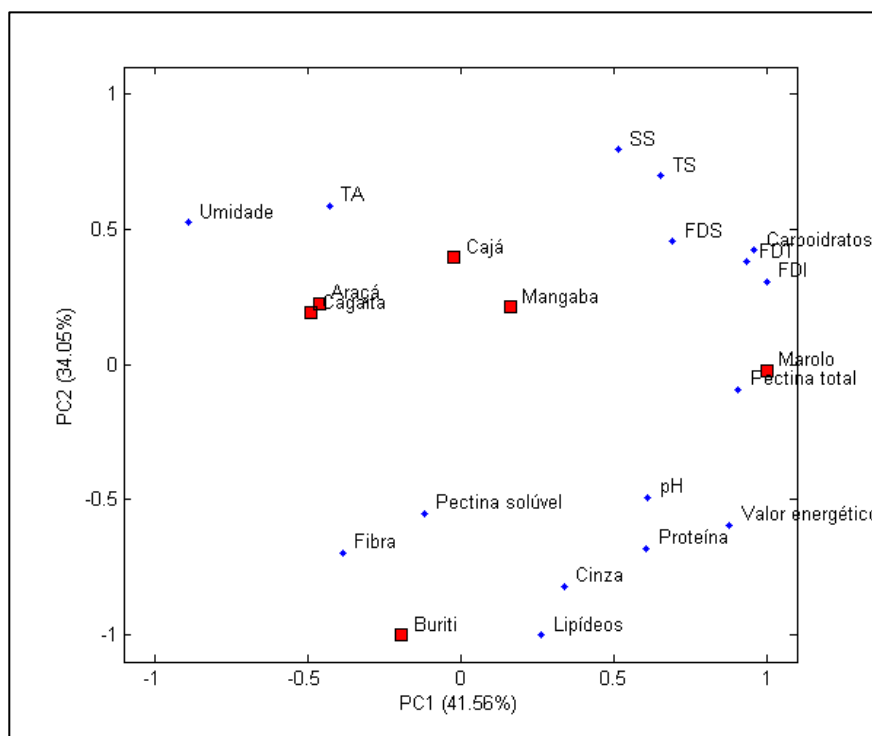
<sup>2</sup> Literatura para polpa de buriti: Hiane, Ramos, Filho e Pereira (1992), Castro, Sousa, Nunes, Silva e Moreira (2014).

<sup>3</sup> Literatura para polpa de cagaita: Silva, Lacerda, Santos e Martins (2008), Siqueira, Rosa, Fustinoni, Sant'Ana e Arruda (2013).

<sup>4</sup> Literatura para polpa de cajá: Damiani et al. (2011b), Oliveira, Leite, Aroucha, Freitas e Santos (2014), TACO (2011).

<sup>5</sup> Literatura para polpa e fruto de mangaba: Silva, Lacerda, Santos e Martins (2008), Carnelossi et al. (2004), Siqueira, Rosa, Fustinoni, Sant'Ana e Arruda (2013).

<sup>6</sup> Literatura para polpa de marolo: Damiani et al. (2011a), Silva, Lacerda, Santos e Martins (2008), Souza, Pereira, Queiroz, Borges e Carneiro (2012).



**Figura 1** Análise de componentes principais (PCA) para as diferentes amostras de polpa de frutas e aspectos químicos e físico-químicos. Acidez Titulável (TA); Sólidos Solúveis (SS); Açúcar Total (TS); Fibra Dietética Insolúvel (IDF); Fibra Dietética Solúvel (SDF); Fibra Dietética Total (TDF).

Um alto grau de umidade foi observado nas diferentes polpas com resultados variando de 74.30% (marolo) a 89.74% (cagaita), os teores de lipídeos apresentaram valores entre 0.48% (cajá) a 7.72% (buriti), os teores de proteína entre 0.42% (araçá) a 1.43% (buriti) e o teor de cinzas variou de 0.30% (cagaita) a 1.01% (buriti). Com relação a fibra bruta, foram encontrados níveis entre 0.61% e 6.02% (cagaita e buriti,

respectivamente). O valor energético das polpas variou de 38.62 kcal/100 g (araçá) a 113.65 kcal/100 g (marolo), sendo que o teor de carboidratos variou entre 4.47% (buriti) a 18.64% (marolo).

De acordo com a tabela de média e o PCA (Tabela 1 e Figura 1, respectivamente), foi possível observar que a polpa de marolo obteve o maior valor energético (113.65 kcal/100 g) e conteúdo de carboidratos (18.64%). A polpa de buriti apresentou o maior teor de lipídeos (7.72%), proteínas (1.26%), fibra (6.02%) e de cinzas (1.01%).

Os valores de pH variaram de 2.94 (cajá) a 4.64 (marolo) e o nível de acidez entre 0.47 a 2.05 g de ácido cítrico/100 g (buriti e araçá, respectivamente). O marolo tem valor de pH próximo as faixas determinadas para as frutas banana (4.5-5.2) e mamão (4.5-6.0), e as demais polpas podem ser comparadas as frutas maçã (2.9-3.8), uva (2.8-3.8), goiaba (3.0-3.2), manga (3.3-3.7), laranja (3.6-4.3), pêsego (3.1-4.2), abacaxi (3.2-3.6), acerola (3.51), morango (3.3-3.4), maracujá (2.94) e pera (3.4-3.6). Todas as polpas em estudo apresentaram valores superiores de pH quando comparadas ao limão (2.0-2.4) (Araújo, 2015; Oliveira, Leite, Aroucha, Freitas, & Santos, 2014). De acordo com a classificação proposta por Araújo (2015), as polpas araçá e cajá são



consideradas muito ácidas ( $\text{pH} < 3.7$ ); as polpas de buriti, cagaita e mangaba classificadas como ácidas ( $\text{pH} 3.7$  a  $4.6$ ); e a polpa de marolo apresenta acidez média ( $\text{pH} 4.6$  a  $5.3$ ).

Em comparação ao índice de acidez os resultados encontrados para as polpas de buriti, cagaita, mangaba e marolo foram próximos aos valores das frutas acerola ( $0.71$  g de ácido cítrico/100 g) e manga ( $0.38$  g de ácido cítrico/100 g). E para as polpas araçá e cajá os valores obtidos foram próximos a acidez encontrada no maracujá ( $2.52$  g de ácido cítrico/100 g) (Oliveira, Leite, Aroucha, Freitas & Santos, 2014). De todas as frutas estudadas neste trabalho somente o araçá não se encaixa na classificação descrita por Sacramento, Matos, Souza, Barretto e Faria (2007), onde frutos com níveis de ácido cítrico variando entre  $0.08$  a  $1.95\%$  são bem aceitos para consumo e podem ser considerados com sabor moderado. Portanto, o fruto araçá pode ser relacionado com um sabor mais forte em comparação aos demais.

A polpa de marolo apresentou o teor mais elevado de sólidos solúveis e açúcar total ( $13.00$  °Brix e  $9.43$  g/100 g, respectivamente) e a polpa de buriti os níveis mais baixos ( $4.33$  °Brix e  $1.32$  g/100 g) (Tabela 1). O teor de sólidos solúveis relaciona-se com o conteúdo de açúcar total,

aspecto este importante, visto que os açúcares presentes nos frutos são responsáveis pelo sabor e doçura. Os frutos com tais características apresentam maior probabilidade de aceitação por parte dos consumidores (Gomes, Figueiredo, & Queiroz, 2002).

Em relação ao teor de pectina total os resultados variaram entre 0.38 a 1.22 g/100 g para a cagaita e o marolo, respectivamente, e os teores de pectina solúvel entre 0.21 a 0.49 g/100 g para a mangaba e o buriti, nesta ordem. Conforme descrito pela FOOD INGREDIENTS BRASIL (2014), as principais fontes de pectina são a maçã (5.0-7.0 g/100 g), tomate (3.0 g/100 g) e frutas cítricas (30.0-35.0 g/100 g), assim, foi observado que as polpas analisadas não poderiam ser utilizadas isoladamente como fontes de pectina na área de processamento de alimentos.

As frações de fibra dietética insolúvel (FDI) e de fibra dietética solúvel (FDS) foram determinadas em todas as seis polpas de frutas estudadas, com variação entre 0.80% (cagaita) a 16.03% (marolo) e 0.44% (araçá) a 7.18% (cajá), respectivamente. Em comparação a outras frutas como maçã (7.5% FDI), laranja (5.2% FDI), pêssego (6.4% FDI), tomate (11.4% FDI) e manga (13.80% FDI), os valores determinados de FDI nas frutas araçá (4.29%), cajá (8.05%) e mangaba (10.53%) foram

semelhantes e na fruta marolo (16.03%) foram superiores. Em relação às FDS obtidas nas frutas marolo (5.59%), mangaba (6.93%) e cajá (7.18%) os resultados foram próximos aos das frutas maçã (5.8% FDS), pêssigo (7.1% FDS) e tomate (7.4% FDS), mas inferiores às frutas laranja (9.8% FDS) e manga (14.25% FDS) (Elleuch, Bedigian, Roiseux, Besbes, Blecker, & Attia, 2011; Vergara-Valencia, Granados-Pérez, Agama-Acevedo, Tovar, Ruales, & Bello-Pérez, 2007).

Em geral, os especialistas sugerem que cerca de 20% a 30% da ingestão diária de fibras deve ser oriunda de fibra solúvel (Institute of Medicine, 1999-2011), assim, as polpas de frutas analisadas se enquadram nesta recomendação, com exceção para a polpa de araçá, na qual foi observado valor de fibra solúvel inferior à proporção de 20-30% do total de fibra.

Para a fração de fibra dietética total (FDT) os valores apresentados foram de 1.56% (cagaita) a 21.62% (marolo), valores próximos aos de manga (28.05%) (Vergara-Valencia, Granados-Pérez, Agama-Acevedo, Tovar, Ruales, & Bello-Pérez, 2007). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é necessário que se consumam diariamente 25 g a 40 g de fibras dietéticas (Araújo, 2015). Portanto, o marolo pode

ser considerado como excelente fonte de fibras alimentares e as demais frutas como fonte complementar. Como os dados para estes parâmetros (FDI, FDS e FDT) não foram abundantes na literatura, esses não foram expressos na Tabela 1.

Neste trabalho, as diferenças entre as características químicas e físico-químicas comparadas com os dados publicados, em literatura especializada, podem ser explicadas pelas mudanças no fruto associadas ao processamento da polpa e ao congelamento, além de fatores como solo, clima, época do ano e variabilidade genética, devido as polpas serem oriundas de frutos nativos. A caracterização das polpas de frutas do Cerrado é uma questão de interesse prático, uma vez que os frutos produzidos em regiões específicas e durante curtos períodos são mais usualmente comercializados sob a forma de polpa (Souza, Pereira, Queiroz, Borges, & Carneiro, 2012; Souza, Pereira, Silva, Lima, Pio, & Queiroz, 2014; Leão, Franca, Oliveira, Bastos, & Coimbra, 2017).

A Tabela 2, apresenta a composição mineral (Ca, K, P, Mg e Fe) determinada para as polpas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo. Com estes resultados, foi possível representar a contribuição mineral, de cada fruto em estudo, em relação à Ingestão Diária

Recomendada (DRI), para um adulto saudável do sexo masculino, em porcentagem (%) por 100 g de polpa (Institute of Medicine, 1999-2011).

**Tabela 2** Conteúdo de minerais em polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo.

	Polpa de Frutas					
	Araçá	Buriti	Cagaita	Cajá	Mangaba	Marolo
Ca (mg/100 g f. w.)	40.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	40.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	20.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	20.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	30.0 ± 0.00 <sup>b</sup>	40.0 ± 0.00 <sup>a</sup>
% DRI	4.00	4.00	2.00	2.00	3.00	4.00
K (mg/100 g f. w.)	300.0 ± 0.00 <sup>b</sup>	180.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	130.0 ± 0.00 <sup>f</sup>	160.0 ± 0.00 <sup>e</sup>	170.0 ± 0.00 <sup>d</sup>	380.0 ± 0.00 <sup>a</sup>
% DRI	6.38	3.83	2.76	3.40	3.62	8.08
P (mg/100 g f. w.)	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	30.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	20.0 ± 0.00 <sup>b</sup>
% DRI	1.43	1.43	1.43	4.28	1.43	2.86
Mg (mg/100 g f. w.)	20.0 ± 0.00 <sup>b</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.0 ± 0.00 <sup>c</sup>	30.0 ± 0.00 <sup>a</sup>
% DRI	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	7.5
Fe (mg/100 g f. w.)	0.18 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.25 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.34 <sup>ab</sup>	0.50 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.65 ± 0.18 <sup>a</sup>
% DRI	2.25	8.37	4.12	4.62	6.25	8.12

Valores médios ± desvio padrão de peso da polpa de fruta; n=3. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste Tukey ( $p \geq 0.05$ ). Ca (Cálcio); K (Potássio); P (Fósforo); Mg (Magnésio); Fe (Ferro); f. w. (fresh weight).

A concentração de minerais entre as amostras de polpa, variou entre 20.0 (cagaita e cajá) e 40.0 mg/100 g (araçá, buriti e marolo) para o mineral Ca (cálcio). Resultado inferior foi constatado por Silva, Lacerda, Santos e Martins (2008), nas frutas araçá (21 mg/100 g), cagaita (8 mg/100 g) e marolo (29 mg/100 g) e similar para mangaba (35 mg/100 g). Em relação ao mineral Fe (ferro), os resultados obtidos variaram de 0.18 (araçá) a 0.67 mg/100 g (buriti) neste estudo. Segundo os autores referenciados para o mineral Fe, os resultados encontrados foram

similares para as polpas de araçá, mangaba e marolo (0.21, 0.88, e 0.43 mg/100 g, respectivamente) e superior para a polpa cagaita (0.02 mg/100 g).

Dentre os minerais analisados nas seis polpas o potássio foi o elemento mais abundante, com destaque para a polpa de marolo (380.0 mg/100 g). Sulaiman, Yusoff, Eldeen, Seow, Sajak e Ooi (2011) em seus estudos com diferentes variedades de banana, determinaram valores entre 295.70 a 463.60 mg/100 g. Deste modo, se pode afirmar que a polpa de marolo possui concentração de potássio semelhante a determinadas variedades de polpa de banana.

Para o mineral P (fósforo), os valores médios encontrados variaram de 10.0 (araçá, buriti, cagaita e mangaba) a 30.0 mg/100 g (cajá) e para o mineral Mg entre 10.0 (buriti, cagaita cajá e mangaba) a 30.0 mg/100 g (marolo). Conforme apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), tais resultados se assemelham às concentrações encontradas para as frutas: abacate (22.0 mg P /100 g e 15.0 mg Mg/100 g); caju (10.0 mg P/100 g e 10.0 mg Mg/100 g); goiaba (28.0 mg P/100 g e 10.0 mg Mg/100 g); limão (11.0 mg P/100 g e 9.0 mg Mg/100 g); e pequi (34.0 mg P/100 g e 30.0 mg Mg/100 g).

Neste estudo as polpas de frutas analisadas apresentaram quantidades significativas de minerais, em particular, o marolo é a fruta que mais contribuiu para a DRI de potássio (K) e magnésio (Mg), assim como o marolo, o buriti apresentou maior contribuição para a DRI de ferro (Fe) e o cajá expressiva contribuição para a DRI de fósforo (P). Em geral, as polpas de mangaba e cagaita foram as que menos contribuíram em relação a sua composição mineral e, portanto, para a DRI de um adulto.

Os dados referentes à atividade antioxidante, aos compostos fenólicos totais, ao teor de ácido ascórbico e à quantidade de carotenoides ( $\beta$ -caroteno e licopeno) estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** Capacidade antioxidante ( $\beta$ -caroteno, ABTS e DPPH), teor de fenólicos totais, ácido ascórbico e carotenoides em polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo.

	Polpa de frutas					
	Araçá	Buriti	Cagaita	Cajá	Mangaba	Marolo
ABTS ( $\mu\text{mol TEs/g f. w.}$ )	10.92 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>	6.03 $\pm$ 0.00 <sup>cd</sup>	29.32 $\pm$ 0.69 <sup>b</sup>	5.55 $\pm$ 0.01 <sup>cd</sup>	2.49 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	132.16 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>
DPPH EC <sub>50</sub> (g f. w./g DPPH)	721.85 $\pm$ 0.95 <sup>d</sup>	951.52 $\pm$ 0.42 <sup>c</sup>	337.88 $\pm$ 0.59 <sup>e</sup>	1310.23 $\pm$ 0.42 <sup>b</sup>	2681.91 $\pm$ 1.27 <sup>a</sup>	148.59 $\pm$ 9.02 <sup>f</sup>
$\beta$ -caroteno (% proteção)	66.62 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>	16.96 $\pm$ 1.36 <sup>c</sup>	73.57 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	52.58 $\pm$ 1.79 <sup>b</sup>	65.39 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	51.28 $\pm$ 1.15 <sup>b</sup>
Fenólicos Totais (mg GAEs/100 g f. w.)	89.14 $\pm$ 0.94 <sup>b</sup>	110.72 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	143.44 $\pm$ 0.40 <sup>b</sup>	98.97 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>	46.85 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	728.17 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>
Ácido ascórbico (mg/100 g f. w.)	40.75 $\pm$ 0.49 <sup>b</sup>	7.42 $\pm$ 0.19 <sup>d</sup>	31.95 $\pm$ 0.37 <sup>c</sup>	42.96 $\pm$ 1.43 <sup>b</sup>	175.06 $\pm$ 1.65 <sup>a</sup>	46.00 $\pm$ 1.04 <sup>b</sup>
Carotenoides (mg licopeno/100g f. w.)	0.26 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	2.85 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	0.60 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.22 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.40 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.34 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
Carotenoides (mg $\beta$ -caroteno/100g f. w.)	0.43 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	4.65 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup>	0.96 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.42 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.86 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.52 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>

Valores médios  $\pm$  desvio padrão de peso da polpa de fruta; n=3. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste Tukey ( $p \geq 0.05$ ). GAEs (equivalente de ácido gálico); TEs (equivalente Trolox); f. w. (fresh weight).



Diferentes metodologias têm sido usualmente utilizadas para avaliar a atividade antioxidante de frutos. Estes métodos podem ser baseados na captura do radical orgânico (ABTS e DPPH) e pela quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos ( $\beta$ -caroteno) (Frankel & Meyer, 2000; Sanchez-Moreno, Larrauri, & Saura-Calixto, 1998). Tais métodos para determinação da capacidade antioxidante diferem em termos de princípios de ensaio e das condições experimentais, como estão envolvidos vários mecanismos de reação, uma única metodologia não quantifica todas as substâncias antioxidantes de um sistema complexo. Assim, o uso de dois ou mais métodos podem fornecer maior elucidação do perfil completo da atividade antioxidante (Hassimotto, Genovese, & Lajolo, 2005; Leong & Shui, 2002; Ribeiro et al., 2013).

Para os métodos empregados na determinação da capacidade antioxidante das diferentes polpas, de modo geral, foi observado concordância entre os resultados. A ordem decrescente para cada metodologia utilizada está esquematizada a seguir: (I) Método de ABTS = Marolo > Cagaita > Araçá > Buriti > Cajá > Mangaba; (II) Método de DPPH = Marolo > Cagaita > Araçá > Buriti > Cajá > Mangaba; e

(III) Método  $\beta$ -caroteno = Cagaita > Araçá > Mangaba > Cajá > Marolo > Buriti.

A análise de antioxidante pelo método de  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico apresentou resultados variando entre 16.96% (buriti) a 73.57% de proteção (cagaita). De acordo com a classificação de Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005), apenas a cagaita se enquadra com alta capacidade antioxidante (>70% de inibição), uma vez que as polpas de araçá, cajá, mangaba e marolo podem ser consideradas com capacidade intermediária (40-70% de inibição), e a polpa de buriti com baixa capacidade (<40% de inibição).

O conteúdo de fenólicos totais variou de 46.85 (mangaba) a 728.17 mg GAEs/100g (marolo). Ressalta-se que estes resultados foram abaixo dos reportados para frutas com alto teor de compostos fenólicos, como camu-camu (1176 mg GAEs/100 g) e acerola (1063 mg GAEs/100 g) (Rufino, Alves, Brito, Jiménez, Calixto, & Mancini-Filho, 2010). Conforme a classificação de Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008), as polpas de araçá, cajá e mangaba apresentam baixo teor de fenólicos (<100 mg GAE/100 g); as polpas de buriti e cagaita classificam em médio teor

(100-500 mg GAEs/100 g); e a polpa de marolo em alto teor (>500 mg GAEs/100 g).

Em relação aos níveis de ácido ascórbico, os resultados encontrados variaram de 7.42 (buriti) a 175.06 mg/100 g (mangaba). Conforme dados da TACO (2011), os resultados se assemelham às quantidades presentes nas frutas tamarindo (7.2 mg/100 g), caju (138.7 mg/100 g) e mexerica (112 mg/100 g). De acordo com a classificação elaborada por Ramful, Tarnus, Aruoma, Bourdan e Bahorun (2011), apenas a mangaba se enquadra como polpa de alto teor de ácido ascórbico (>50 mg/100 g), visto que as polpas de cagaita, cajá, araçá e marolo podem ser consideradas com teor intermediário (30-50 mg/100 g) e a polpa de buriti com baixo teor (<30 mg/100g).

A polpa de buriti apresentou o nível mais elevado de carotenoides, correspondendo a 2.85 mg/100 g de licopeno e 4.65 mg/100 g de  $\beta$ -caroteno. Com exceção para a polpa de buriti, resultados semelhantes para  $\beta$ -caroteno foram observados nas frutas de goiaba, mamão e manga (0.36, 0.54 e 1.55 mg  $\beta$ -caroteno/100 g) e inferiores ao encontrado em goiaba e mamão para licopeno (6.99 e 3.13 mg licopeno/100 g). O licopeno vem sendo investigado intensamente nos últimos anos em

relação à sua possível ação contra o câncer e doenças cardiovasculares, sendo as evidências mais fortes para câncer de próstata e pulmão (Oliveira, Aquino, Ribeiro, Proença, & Pinheiro-Sant'Ana, 2011).

Conforme descrito por Souza, Pereira, Silva, Lima, Pio e Queiroz (2014), as condições climáticas, a composição dos solos, o manejo adequado dos frutos, assim como os vários métodos de extração aplicados durante as análises, são os principais fatores que interferem diretamente na diferença dos compostos bioativos determinados neste estudo em comparação com os resultados previamente relatados.

Os valores médios de aceitação atribuídos pelos provadores estão apresentados na Tabela 4, onde é possível notar que houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as formulações de sucos de polpa de frutas, para todos os atributos sensoriais avaliados (cor, sabor, consistência e impressão geral).

**Tabela 4** Análise sensorial dos sucos elaborados com polpa de frutas de araçá, buriti, cagaita, cajá, mangaba e marolo.

Sucos	Polpa de Frutas			
	Cor	Sabor	Consistência	Impressão Global
Araçá	3,68 ± 2,03 <sup>c</sup>	4,40 ± 2,46 <sup>b</sup>	4,44 ± 2,24 <sup>b</sup>	4,29 ± 2,19 <sup>cd</sup>
Buriti	3,57 ± 1,99 <sup>c</sup>	3,80 ± 2,34 <sup>b</sup>	4,56 ± 2,15 <sup>b</sup>	4,06 ± 2,12 <sup>d</sup>
Cagaita	6,57 ± 1,60 <sup>a</sup>	5,52 ± 2,09 <sup>a</sup>	6,32 ± 1,70 <sup>a</sup>	5,87 ± 1,83 <sup>a</sup>
Cajá	6,22 ± 1,88 <sup>a</sup>	4,44 ± 2,43 <sup>b</sup>	5,94 ± 1,90 <sup>a</sup>	4,99 ± 2,04 <sup>bc</sup>
Mangaba	5,26 ± 2,12 <sup>b</sup>	4,38 ± 2,29 <sup>b</sup>	5,61 ± 1,84 <sup>a</sup>	4,98 ± 1,97 <sup>c</sup>
Marolo	5,40 ± 2,17 <sup>b</sup>	5,79 ± 2,28 <sup>a</sup>	6,16 ± 1,96 <sup>a</sup>	5,80 ± 1,98 <sup>ab</sup>

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste Tukey ( $p \geq 0.05$ ).

De maneira geral, os sucos elaborados com as polpas de araçá e buriti não foram bem aceitos sensorialmente. Dentre todas as formulações, foi possível notar que os sucos elaborados com as polpas de cagaita e marolo apresentaram maior destaque de aceitação, para todos os atributos avaliados, em comparação aos demais sucos. Conforme apresentado na tabela de média, as formulações mais aceitas apresentaram notas variando entre os termos hedônicos “indiferente” e “gostei moderadamente”, já as formulações menos aceitas as notas médias variaram entre os termos hedônicos “desgostei moderadamente” a “indiferente”. Vale ressaltar que de modo geral as notas de todas as formulações estão relativamente baixas. Tal afirmação pode ser justificada pelo fato destas frutas não serem típicas da região, sendo que os consumidores não estavam habituados com seus sabores.

Diante da caracterização das polpas de frutas, em estudo, foi observado que cada polpa apresentou uma característica particular, no entanto, o marolo e a mangaba se destacaram por serem as frutas mais ricas nutricionalmente. E em relação aos sucos, as polpas de fruta cagaita e marolo foram as mais aceitas pelos provadores.

#### **4. Conclusões**

As polpas de frutas analisadas neste estudo apresentaram alta umidade e baixo teor de proteína e valor energético. A polpa de marolo apresentou maiores teores de carboidratos, valor energético, pH, sólidos solúveis, açúcar, pectina total, fibra total, maior potencial de atividade antioxidante e de teores de compostos fenólicos comparado com as demais polpas analisadas. A polpa de buriti demonstrou o maior conteúdo de lipídeos, proteínas, cinza, fibra bruta, pectina solúvel e maiores níveis de carotenoides  $\beta$ -caroteno e licopeno e a polpa mangaba se destacou pela sua alta concentração de ácido ascórbico. Dentre os minerais analisados o marolo foi o que mais contribuiu para a DRI de potássio (K) e magnésio (Mg), o cajá para a DRI de fósforo (P) e o buriti para a DRI de ferro (Fe).

Neste estudo, para as polpas analisadas, os resultados encontrados não foram relevantes para a DRI de cálcio (Ca). Em relação à análise sensorial os sucos elaborados com polpa de cagaita e com polpa de marolo apresentaram maior aceitação sensorial e os sucos elaborados com polpa de araçá e com polpa de buriti não foram bem aceitos. O consumo destes frutos fornece quantidade apreciável de nutrientes, atendendo às necessidades dos consumidores.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasília, Brasil) pela concessão de bolsa de estudo e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Belo Horizonte, Brasil) pelo suporte financeiro a esta pesquisa (CAG - APQ-01848-14\_522847 FAPEMIG).

## Referências

- Almeida, M. M. B., Souza, P. H. M., Arriaga, A. M. C., Prado, G. M. P., Magalhães, C. E. C., Maia, G. A., & Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44, 2155-2159.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists (1995). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International*. (16th ed.) Arlington, USA.
- Araújo, J. M. A. (2015). *Química de alimentos: teorica e prática*. Viçosa, MG: Ed. UFV. 668p.
- Brand-Willians, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Brasil. (2009). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009. Aprova o Regulamento de registro, a padronização, a classificação, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14 jul. 1994. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 8 mar 2016.
- Carnelossi, M. A. G., Toledo, W. F. F., Souza, D. C. L., Lira, M. L., Silva, G. F., Jalali, V. R. R., & Viégas, P. R. A. (2004). Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa Gomes*). *Ciência e Agrotecnologia*, 28, 1119-1125.
- Castro, D. Z., Sousa, E. P., Nunes, J. S., Silva, L. M. M., & Moreira, I. S. (2014). Caracterização física e físico-química de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9, 117-120.



- Damiani, C., Vilas Boas, E. V. B., Asquiere, E. R., Lage, M. E., Oliveira, R. A., Silva, F. A., Pinto, D. M., Rodrigues, L. J., Silva, E. P., & Paula, N. R. F. (2011a). Characterization of fruits from the savanna: Araça (*Psidium guinnensis* Sw.) and Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) *Food Science and Technology*, 31, 723-729.
- Damiani, C., Silva, F. A., Amorim, C. C. M., Silva, S. T. P., Bastos, I. M., Asquiere, E. R., & Vera, R. (2011b). Néctar misto de cajá-manga com hortelã: caracterização química, microbiológica e sensorial. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13, 301-309.
- Dische, Z. (1962). General. Color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfram, M. L. (Ed.): *Carbohydrate chemistry*, 477-512.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411-421.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. (2014). Pectinas: propriedades e aplicações. *Revista FiB*, 29, 46-53.
- Frankel, E. N., & Meyer, A. S. (2000). The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1925-1941.
- Gomes, P. M. A.; Figueirêdo, R. M. F.; & Queiroz, A. J. de M. (2002). Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 4, 157-165.
- Habibi, F., & Ramezani, A. (2017). Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. *Food Chemistry*, 227, 1-8.

- Hassimotto, N. M., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2928-2935.
- Hiane, P. A., Ramos, M. I. L., Filho, M. M. R., & Pereira, J. G. (1992). Composição centesimal e perfil de ácidos graxos de alguns frutos nativos do estado de Mato Grosso do Sul. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 10, 35-42.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. (2005). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo: Instituto.
- Institute of Medicine. (1999–2011): Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes. National Academic Press, Washington D.C.
- Jeddou, K. B., Bouaziza, F., Zouari-Ellouzia, S., Chaaria, F., Ellouz-Chaabounia, S., Ellouz-Ghorbela, R., & Nouri-Ellouzc, O. (2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217, 668-677.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1390-1393.
- Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153.
- Leong, L. P., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*, 76, 69-75.
- Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4, 129-148.

- McCready, R. M., & McComb, E. A. (1952). Extraction and determination of total pectic materials in fruits. *Analytical Chemistry*, 24, 1586-1988.
- Merril, A. L., & Watt, B. K. (1973). Energy value of foods: basis and derivation. Washington: United States Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*, 74, 109p.
- Miller, H. E. (1971). A simplified method for the evaluation of antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 48, 91-91.
- Morzelle, M. C., Bachiega, P., Souza, E. C., Vilas Boas, E. V. B., & Lamounier, M. L. (2015). Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e murici provenientes do Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37, 96-103.
- Oliveira, D. S., Aquino, P. P., Ribeiro, S. M. R. R., Proença, R. P. C., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2011). Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 33, 89-98.
- Oliveira, T. A., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M., Freitas, T. G. G., Santos, F. K. G. (2014). Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas na cidade de Mossoró-RN. *Revista Verde*, 9, 248-255.
- Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., Vietoris, V. (2013). SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, 37:199–201.
- Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O. I., Bourdan, E., & Baborun, T. (2011). Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International*, 44, 2088-2099.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology e Medicine*, 26, 1231-1237.
- Ribeiro, A. B., Bonafé, E. G., Silva, B. C., Montanher, P. F., Júnior, O. O. S., Boeing, J. S., & Visentainer, J. V. (2013). Antioxidant capacity, total phenolic content, fatty acids and correlation by principal component analysis of exotic and native fruits from Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 24, 797-804.
- Rodrigues-Amaya, B. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington: ILST Press.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Jiménez, J. P., Calixto, F. S., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996-1022.
- Sacramento, C. K. do; Matos, C. B.; Souza, C. N.; Barretto, W. S.; & Faria, J. C. (2007). Características físicas, físico-químicas e químicas de caixas oriundos de diversos municípios da região sul da Bahia. *Magistra*, 19, 283-289.
- Salinas, Y. G., & Garcia, R. (1985). Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 83 p.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J. A & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 76, 270-276.
- Silva, M. R., Lacerda, D. B. C. L., Santos, G. G., & Martins, D. M. O. (2008). Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural*, 38, 1790-1793.
- Siqueira, E. M. A., Rosa, F. R., Fustinoni, A. M., Sant'Ana, L. P., & Arruda, S. F. (2013). Brazilian savanna fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious apple. *Plos One*, 8, 72826-72826.

- Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Queiroz, F., Borges, S. V., & Carneiro, J. D. S. (2012). Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, 134, 381-386.
- Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Silva, T. L. T., Lima, L. C. O. L., Pio, R., & Queiroz, F. (2014). Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362-368.
- Strohecker, R., Zaragoza, F. M., & Henning, H. M. (1967). *Analisis de vitaminas: métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo. 428p.
- Sulaiman, S. F., Yusoff, N. A. M., Eldeen, I. M., Seow, E. M., Sajak, A. A. B., & Ooi, S. K. L. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). *Journal of Food Compositions and Analysis*, 24, 1-10.
- TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. (2011). 4nd ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP. 164p.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816-823.
- Vergara-Valencia, N., Grandos-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 722-729.
- Waterhouse, A. L. (2002). Polyphenolics: Determination of total phenolics in Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley & Sons, 1111-1118.

**ARTIGO 2 - OTIMIZAÇÃO DE SUCO MISTO DE FRUTAS DO CERRADO  
BRASILEIRO BASEADO NAS CARACTERÍSTICAS  
SENSORIAIS E NUTRICIONAIS**

Normas da Revista Científica: Journal of Food Science  
ISSN: 1750-3841  
(versão preliminar)

Maria Cecília E. V. Schiassi<sup>1,2</sup>, Vanessa R. de Sousa<sup>1</sup>, Amanda M. T. Lago<sup>1</sup>,  
Juliana dos S. Melles<sup>1</sup> e Fabiana Queiroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-000, Brasil.

<sup>2</sup>Autor correspondente: Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi, Campus Universitário, Planta Piloto de Processamento, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.  
TEL: (+55) (35) 988154412; E-MAIL: vasconcelosmariaufila@gmail.com.

**RESUMO:** Um novo mercado de sucos, composto pela mistura de mais de uma fruta, está em expansão no segmento de bebidas, visto que a combinação de frutas pode melhorar as características sensoriais e agregar valor nutricional ao produto final. Assim, o objetivo deste estudo foi otimizar com base nas características nutricionais e sensoriais uma formulação de suco misto de frutas do Cerrado (marolo, mangaba e cagaita), por meio do delineamento da regra da mistura e metodologia de superfície de resposta. As formulações foram submetidas a análise reológica, física (cor), físico-químicas (sólidos solúveis, pH, acidez titulável e açúcar total), análise nutricional (atividade antioxidante pelos métodos de ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides) e análise sensorial de aceitação. De acordo com a função desejabilidade sensorial, as formulações constituídas de polpa de fruta de cagaita e marolo apresentaram maior tendência de aceitação por parte dos consumidores. Em relação à desejabilidade nutricional, foi verificado que as polpas de marolo, cagaita e mangaba, contribuíram positivamente. De acordo com o gráfico da curva de contorno para a função desejabilidade sensorial e nutricional, o suco

misto ideal deve conter de 0-70% de marolo, 10-70% de cagaita e 10% de mangaba. Desta forma, foi verificado que o suco desses frutos, quando combinados, pode apresentar melhores características em comparação aos sucos de frutas isoladas.

**Palavras-chave:** Otimização; Mangaba; Cagaita; Marolo; Regra da Mistura.

**Aplicação Prática:** O processamento de sucos mistos visa aumentar o acesso da população aos nutrientes presentes nas frutas do Cerrado brasileiro, visto que são frutas sazonais e perecíveis. Para o alcance desta inovação é indispensável padronizar os parâmetros do produto, com o intuito de obter excelência na qualidade, aceitabilidade e satisfação do consumidor, além de agregar valor ao produto final. Em um cenário de constante competitividade do setor alimentício, o desenvolvimento deste novo produto apresenta estreita relação com as atuais tendências de consumo, uma vez que as polpas de frutas quando misturadas podem promover melhorias sensoriais e nutricionais.



## **Introdução**

O mercado de bebidas à base de frutas *in natura* tem crescido nitidamente, motivado pela necessidade cada vez maior da população em ingerir alimentos saudáveis. Além do fator nutricional, o que torna os sucos de frutas naturais um atrativo nas dietas são as características sensoriais como a diversidade de sabor, textura e cor (Sousa e outros 2010). O processamento de polpas e sucos de fruta é considerado uma importante atividade agroindustrial, uma vez que minimiza perdas na comercialização do produto *in natura*, evita desperdícios, agrega valor econômico e oferece ao produtor uma alternativa no emprego das frutas (Evangelista e Vieites 2006; Oludemi e Akanbi 2013), com potencial de aproveitamento do resíduo gerado.

Um novo mercado de sucos, composto pela mistura de mais de uma fruta, está em expansão no segmento de bebidas, visto que pode melhorar as características sensoriais e agregar valor nutricional ao produto final, seja pela inserção de compostos com características funcionais ou pelo aumento do teor de vitaminas, minerais e sólidos solúveis. O desenvolvimento dos sucos mistos permite a obtenção de

novos sabores, melhoria da cor e consistência dos produtos finais (Da Silva Pereira e outros 2009; Matsuura e outros 2004; Mattietto e outros 2006; Sobhana e outros 2015).

O consumo de polpas e de frutas tropicais do Cerrado brasileiro tem aumentado, entre os consumidores, na medida em que a inclusão destes frutos no setor de sucos proporciona o desenvolvimento social, ecológico e ambiental, por meio da valorização de frutas da região (Roesler e outros 2007). A produção deste suco misto a partir de frutas do Cerrado brasileiro é, portanto, uma alternativa para muitos produtores objetivarem não somente crescimento no mercado interno, mas o caminho de maior destaque no comércio de exportação.

A indústria de alimentos, na elaboração de produtos mistos, deve fazer uso de ferramentas de otimização, de maneira que, com base nas características sensoriais e nutricionais, possam determinar a proporção correta de ingredientes (Lagrange e Norback 1987). O design de mistura é uma ferramenta muito utilizada para a otimização de produtos, por permitir a determinação de quais combinações de fatores e níveis proporcionam as melhores respostas (De Ketelaere e outros 2011). Esta

metodologia é indicada para o estudo de produtos que envolvem mais de um ingrediente, no qual os níveis e proporções dos componentes na mistura são dependentes um do outro e a soma de todos os componentes deve ser sempre igual a 1 ou 100% (Cornell 2002).

Diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi otimizar com base nas características nutricionais e sensoriais uma formulação de suco misto de frutas do Cerrado, empregando as polpas de marolo, de mangaba e de cagaita, por meio do delineamento da regra da mistura e metodologia de superfície de resposta.

## **Materiais e Métodos**

### **Ingredientes**

Os sucos foram formulados utilizando água, sucralose e polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e marolo (*Annona crassiflora* Mart), obtidas em 2016, diretamente de uma empresa processadora de polpas de frutas, localizada no município de Paraibuna, São Paulo (SP), Brasil.

### Design do experimento

O delineamento da regra da mistura Simplex Lattice (Cornell 2002), foi aplicado neste estudo com o intuito de avaliar os efeitos e a otimização da utilização das polpas de marolo, mangaba, e cagaita em sucos. O nível experimental para os sucos está representado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Composição das formulações de suco misto de acordo com o delineamento de regra da mistura Simplex Lattice.**

Tratamentos	Variáveis		
	Marolo (%)	Mangaba (%)	Cagaita (%)
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	50	0	50
6	0	50	50
7	67.33	16.33	16.33
8	16.33	67.33	16.33
9	16.33	16.33	67.33
10	33	33	34

### Processamento do suco de frutas

As polpas foram adquiridas na forma integral da fruta, sem adição de água, aditivos ou processamento térmico. Inicialmente, um pré-teste foi realizado para determinar as melhores proporções de água,

polpa e sucralose empregadas na formulação dos sucos de frutas isoladas, de acordo com a Legislação, Decreto nº 6.871/2009 (Brasil 2009). Assim, o suco de marolo foi elaborado com 40% de polpa e 60% de água; suco de mangaba 30% de polpa e 70% de água e o suco de cagaita 50% de polpa e 50% de água. E as demais formulações foram preparadas por meio da mistura dos sucos de polpas isoladas, conforme as proporções descritas na Tabela 1. Para as dez formulações foram adicionados 0.02 g de sucralose a cada 100 mL de suco.

Os sucos foram homogeneizados e, em seguida, engarrafados em garrafas de vidro esterilizadas de 500 mL e armazenados sob refrigeração de 4-7 °C.

### **Análise Reológica**

O estudo do comportamento reológico dos diferentes tratamentos foi realizado na temperatura de 10°C (temperatura de consumo do suco), utilizando o reômetro HAAKE ReoStress 6000 (marca Thermo Scientific, Karlsruhe, Alemanha), equipado com um banho termostático HAAKE A10 (marca Thermo Scientific) e um sistema de

controle de temperatura universal HAAKE UTM Controller (marca Thermo Scientific), acoplado a um conjunto de sensor de geometria de cilíndricos concêntricos com GAP de 5,3 mm, para todas as amostras. As amostras foram analisadas em 3 repetições, sendo utilizado um volume de 16,1 mL para cada repetição.

Para a caracterização reológica de cada amostra foi gerada uma curva de fluxo por meio da aplicação de uma curva de escoamento em função da variação da taxa de deformação de 0 a  $300 \text{ s}^{-1}$ , durante um período de 3 minutos. Os dados experimentais das curvas de fluxo foram ajustados aos modelos Lei de Newton, Lei da Potência e Herschell-Buckley por meio do pacote estatístico Statistical Analysis System 9.1.2 (SAS Institute Inc., Cary, U.S.A., 2008). No entanto, os dados dos sucos de fruta foram melhor descritos pelo modelo Lei da Potência. Uma equação predita foi obtida para o índice de consistência ( $K$ ) a partir do software Chemoface (Nunes e outros 2012a) e o gráfico (taxa de deformação x viscosidade aparente) foi plotado por meio do programa SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc., Califórnia, U.S.A., 2008).

### **Análises físicas e físico-químicas**

Os diferentes sucos foram avaliados por meio das análises de acidez titulável, sólidos solúveis e pH de acordo com o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008) e o açúcar total conforme a metodologia proposta por Dische (1962). A determinação da cor foi realizada em colorímetro (modelo CM5, Konica Minolta Spectrophotometer, São Paulo, SP, Brasil), operando no sistema CIELab, para medir os parâmetros L\*, C\* e h\*, segundo Gennadios e outros (1996).

### **Compostos bioativos e atividade antioxidante**

As amostras de suco de polpa de frutas foram submetidas a análise de compostos fenólicos, atividade antioxidante, teor de ácido ascórbico e carotenoides. Para a análise de compostos fenólicos e atividade antioxidante o extrato foi preparado de acordo com o método desenvolvido por Larrauri e outros (1997). O teor de fenólico total foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu

descrito por Waterhouse (2002), onde as leituras de absorvância foram medidas em espectrofotômetro (VIS 325-1000 nm, modelo Biospectro SP-22) com comprimento de onda de 750 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de amostra integral (mg GAEs/100 g f. w.).

A atividade antioxidante foi determinada utilizando os métodos ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno. A análise de ABTS seguiu o procedimento descrito por Re e outros (1999), onde a leitura em espectrofotômetro foi realizada em comprimento de onda de 734 nm. Os resultados foram expressos em micromoles de equivalente Trolox por grama ( $\mu$ mol de TE<sub>s</sub>/g f. w.). A capacidade de eliminação de radicais livres de DPPH foi estimada utilizando o método de Brand-Willians e outros 1995, sendo os resultados expressos em EC<sub>50</sub> (g f.w./g de DPPH). A atividade antioxidante pelo método de  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, foi executado segundo procedimento descrito por Miller (1971). As leituras foram realizadas, em espectrofotômetro, após 2 minutos e 120 minutos a uma absorvância de 470 nm e os resultados foram expressos em percentagem de proteção em relação ao controle.



O teor de ácido ascórbico (vitamina C) foi determinado a partir do método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina proposto por Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g f. w. O processo de extração e quantificação dos carotenoides ( $\beta$ -caroteno e licopeno) foi realizado segundo método proposto por Rodrigues-Amaya (2001). Em espectrofotômetro as amostras foram analisadas em comprimentos de onda de 450 e 470 nm para o  $\beta$ -caroteno e licopeno, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg de  $\beta$ -caroteno ou licopeno/100 g f. w.

### **Análise sensorial**

Para a análise sensorial foram recrutados provadores aleatórios dentro da Universidade Federal de Lavras - UFLA (alunos, professores e funcionários), com idade entre 18 e 60 anos, que afirmaram não apresentar restrição de consumo ou reações alérgicas com qualquer ingrediente utilizado nas formulações dos sucos. Assim, foi realizado um teste de aceitação com 100 provadores (56 do sexo feminino e 44 do sexo masculino), onde cada participante avaliou as dez amostras de suco

em 2 sessões, sendo que na primeira os provadores avaliaram as formulações de 1 a 5 e na segunda de 6 a 10.

Na realização da análise sensorial foi utilizado uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente) para avaliação dos atributos sensoriais cor, sabor, consistência e impressão global dos sucos. As amostras foram oferecidas em copos de plástico descartáveis de 50 mL, apresentados aos provadores de forma balanceada (aproximadamente 15 mL) e servidos a uma temperatura de 10 °C. Os copos foram codificados com números de três dígitos e apresentados de forma aleatória (Macfie e outros 1989).

As cabines de avaliação eram individuais, fechadas e equipadas com luz branca, onde os participantes foram instruídos a enxaguar a boca com água entre cada amostra, para a remoção de sabores residuais conforme descrito por Souza e outros (2012). O projeto possui aprovação pelo Comitê de Ética (número 569.345).

### **Análise Estatística**

Os efeitos dos diferentes tratamentos foram avaliados por análise de variância (ANAVA) e teste de médias (Tukey  $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do programa estatístico SAS. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada ao conjunto de dados referentes aos compostos bioativos e à capacidade antioxidante, a fim de facilitar a visualização dos dados. Os dados foram dispostos em uma matriz de  $i$  linhas (10 amostras) e  $j$  colunas (7 compostos bioativos e antioxidantes). Os dados foram padronizados (matriz de correlação) e submetidos a PCA por meio do software Sensomaker versão 1.8 (Pinheiro e outros 2013).

A avaliação dos dados referentes à aceitação das amostras foi realizada por meio das análises: univariada (ANAVA) e teste de médias (Tukey,  $p \leq 0,05$ ) no programa estatístico SAS; e análise multivariada, por meio do mapa de preferência externo obtido pelo PARAFAC por meio do software Sensomaker versão 1.8 (Pinheiro e outros 2013). Com a finalidade de facilitar a visualização da aceitação sensorial da formulação dos sucos e correlacioná-la com os parâmetros químicos e físicos, um arranjo de 3 vias foi organizado a partir de matrizes de  $i$  linhas (10 amostras) e  $j + m$  colunas (100 consumidores + 8 medidas químicas e

físicas). Estas matrizes foram organizadas de acordo com  $k$  atributos sensoriais (cor, sabor, consistência e impressão geral), resultando em um mapa de preferência externo no arranjo de 3 vias ( $i$ ,  $j + m$  e  $k$ ) (Nunes e outros 2012b). O modelo PARAFAC foi otimizado utilizando o valor de Core Consistency Diagnostics (CORCONDIA) para escolher o número de fatores (Bro 1997; Nunes e outros 2011).

Com o intuito de otimizar o suco de frutas, as respostas dos parâmetros nutricionais e sensoriais foram transformadas em função desejabilidade com base no tipo de resposta: Smaller-The-Best (STB) para os dados da análise de DPPH e Larger-The-Best (LTB) para os demais dados, com parâmetro específico ( $r$ ) de 1.0. As transformações de tipo exponencial generalizadas foram propostas por Derringer e Suich (1980). Baseado na equação do modelo predito foi gerado uma curva de contorno da função desejabilidade e, conseqüentemente, obtida a região ótima que dá origem ao suco com melhores características sensoriais e nutricionais. As análises de variância utilizadas para examinar a significância dos dados ajustados ao modelo e os gráficos de contornos triangulares gerados a partir das equações polinomiais foram criados usando o software Chemoface versão 1.6 (Nunes e outros 2012a).

## **Resultados e Discussão**

### **Análise Reológica**

Os dados reológicos dos sucos de fruta foram descritos pelo modelo Lei da Potência, que segundo Hulle e outros (2014) é comumente empregado para descrever o comportamento de fluxo de alimentos fluidos. Outros autores que pesquisaram a respeito das propriedades reológicas de suco de mirtilo (Cepeda e outros 2002), suco de abacaxi (Shamsudin e outros 2009), suco de melancia (Guedes e outros 2010), suco de pêsego (Augusto e outros 2011) e suco misto de frutas tropicais (Bezerra e outros 2013), afirmaram que o modelo Lei da Potência apresenta melhor precisão nos ajustes dos dados.

Conforme apresentado na Tabela 2, os parâmetros reológicos determinados, segundo o modelo utilizado, foram índice de consistência ( $K$ ) e índice de comportamento do fluido ( $n$ ). Com referência aos ajustes dos pontos experimentais, pode ser observado que o modelo Lei da Potência foi adequado, uma vez que apresentou bons valores de  $R^2$  (coeficiente de determinação) e de RSME (quadrado médio do resíduo). Por fim, os dados de reologia ( $K$ ) foram ajustados a um modelo matemático quadrático.

**Tabela 2 - Parâmetros reológicos e modelo predito obtidos para as amostras de sucos à temperatura de 10 °C.**

Formulação	Lei da Potência			
	$K$	$n$	RMSE	$R^2$
F1	0.0242 <sup>ef</sup>	0.7505 <sup>a</sup>	0.0365	0.9937
F2	0.7227 <sup>a</sup>	0.3963 <sup>f</sup>	0.2080	0.9812
F3	0.0428 <sup>ef</sup>	0.6780 <sup>b</sup>	0.0394	0.9947
F4	0.1424 <sup>c</sup>	0.5202 <sup>d</sup>	0.0729	0.9881
F5	0.0176 <sup>f</sup>	0.7829 <sup>a</sup>	0.0290	0.9952
F6	0.0718 <sup>de</sup>	0.5974 <sup>c</sup>	0.0506	0.9914
F7	0.1072 <sup>cd</sup>	0.5635 <sup>cd</sup>	0.0547	0.9932
F8	0.3017 <sup>b</sup>	0.4576 <sup>e</sup>	0.1414	0.9781
F9	0.0933 <sup>cd</sup>	0.5725 <sup>c</sup>	0.0455	0.9941
F10	0.0303 <sup>ef</sup>	0.6912 <sup>b</sup>	0.1224	0.9107
Modelo predito ( $K$ )	$0.02X_1^* + 0.71X_2^* + 0.04X_3^* - 1.35X_1X_2 + 0.18X_1X_3^* - 0.81X_2X_3$			0.9806

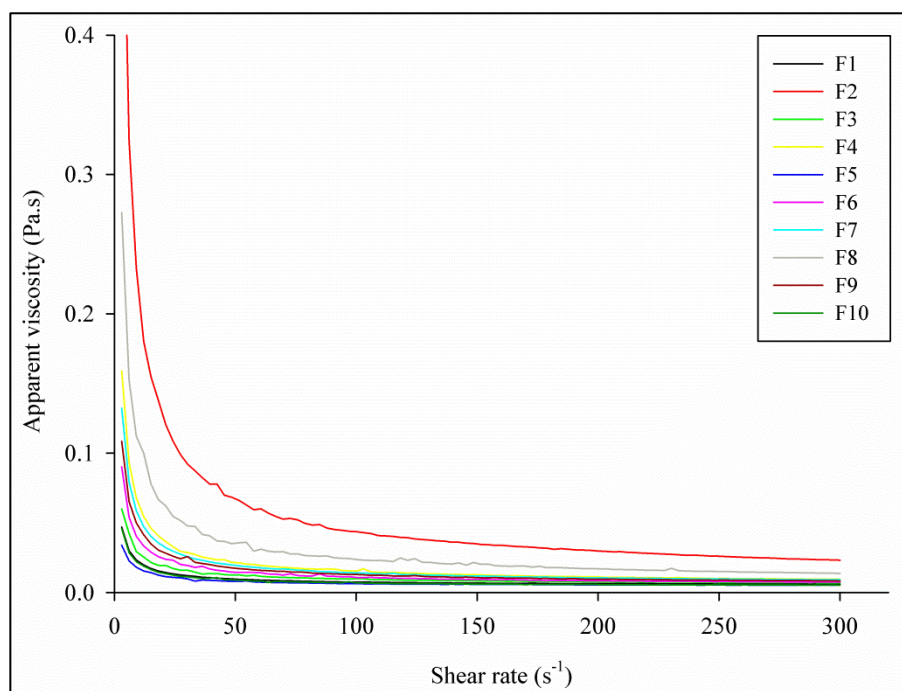
$K$  = índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>);  $n$  = índice de comportamento de fluxo (adimensional);  $R^2$  = coeficiente de determinação; RMSE = quadrado médio do resíduo;  $X_1$  = marolo;  $X_2$  = mangaba;  $X_3$  = cagaita. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.

Em relação aos parâmetros determinados e o modelo predito, foi observado que a mangaba é a fruta que mais contribuiu com o aumento do índice de consistência do produto. Por meio dos valores das médias e teste de Tukey do parâmetro  $K$ , é possível confirmar que as formulações com maiores proporções de mangaba foram realmente as que apresentaram os maiores índices de consistência e, portanto, as maiores

viscosidades. De maneira geral, os sucos sem adição ou com as menores adições de mangaba apresentaram as menores viscosidades. Tais resultados corroboram com a pesquisa realizada por Sampaio e Nogueira (2006) e Nascimento e outros (2014), que descrevem a mangaba como uma fruta que apresenta polpa altamente viscosa.

Para os diferentes sucos mistos foi observado que houve diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) tanto para o parâmetro índice de consistência ( $K$ ) quanto para o índice de comportamento de fluxo ( $n$ ). Conforme constatado, quanto maior o valor de  $K$  menor o valor de  $n$  do fluido, de acordo com Conceição e outros (2012), quanto mais distante do valor unitário mais o fluido se afasta do comportamento newtoniano. Bezerra e outros (2013), em estudos com sucos mistos de acerola e maracujá determinaram valores próximos aos encontrados para as amostras F4, F7 e F9, onde  $K$  apresentou valor de  $0.125 \text{ Pa.s}^n$  e  $n$  valor de  $0.532$ , a temperatura de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Guedes e outros (2010), determinaram na temperatura de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  valores de  $K$  de  $0.049 \text{ Pa.s}^n$  e  $n$  de  $0.652$  para suco de melancia, valores próximos aos encontrados nas amostras F3 e F10.

A viscosidade é uma das características mais importantes da reologia dos alimentos líquidos e é considerada a resistência interna do escoamento de fluidos (Gonçalves e outros 2017). A Figura 1 representa o comportamento da viscosidade aparente dos sucos em relação à taxa de deformação aplicada.



**Figura 1 - Relação entre a viscosidade aparente e taxa de deformação das diferentes amostras de suco descrita pelo modelo da Lei da Potência à temperatura de 10°C.** (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.



No reograma, a não linearidade entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação é evidente, onde é possível notar que a inclinação das curvas diminui com o aumento da taxa de deformação. Tal comportamento, de acordo com Sharma e outros (2000), é característico dos fluidos pseudoplásticos, os quais apresentam uma curva convexa. Segundo Freire (2012) e Machado (2002), esse tipo de fluido quando em repouso apresenta suas moléculas em um estado desordenado e, quando submetidos a uma tensão de cisalhamento suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação e, conseqüentemente, menor será a viscosidade aparente.

Para confirmar a pseudoplasticidade destas amostras, é possível observar na Tabela 2 que o índice de comportamento de fluxo ( $n$ ) apresentou valores menores que uma unidade ( $n < 1$ ), variando entre 0.396 a 0.783. Comportamento semelhante foi observado em outros estudos de caracterização reológica de fluidos derivados de frutas: Silva e outros (2005), em suco de acerola; Ahmed e outros (2007), em suco concentrado de tamarindo; Dak e outros (2007), em suco de manga;

Sesmero e outros (2009), em suco de morango; e Bezerra e outros (2013), em sucos mistos de frutas tropicais de acerola e maracujá.

Conforme descrito por Sato e Cunha (2007), a maioria dos alimentos fluidos derivados de frutas apresenta comportamento pseudoplástico, no qual a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação. Na maioria dos casos, este comportamento não newtoniano pode ser atribuído à presença de substâncias de alto peso molecular em solução e/ou aos sólidos dispersos na fase fluida. Segundo Rao (2007), esse comportamento pode também ser explicado pela modificação e ruptura na estrutura das moléculas do suco, devido às forças hidrodinâmicas geradas durante os aumentos da taxa de deformação. De acordo com Bezerra e outros (2013), do ponto de vista industrial, a diminuição da viscosidade aparente facilita o escoamento do suco e a troca de calor durante o processamento. Quanto menor a viscosidade de um fluido, menor será a perda de carga durante o escoamento.

Como pode ser observado (Figura 1), para uma taxa de deformação fixa como  $50 \text{ s}^{-1}$  é possível notar nitidamente a variação dos

valores da viscosidade aparente entre todos os tratamentos: F1 (0.0097 Pa.s), F2 (0.0683 Pa.s), F3 (0.0125 Pa.s), F4 (0.0216 Pa.s), F5 (0.0081 Pa.s), F6 (0.0146 Pa.s), F7 (0.0198 Pa.s), F8 (0.0351 Pa.s), F9 (0.0177 Pa.s) e F10 (0.0091 Pa.s). Estes dados confirmam a maior viscosidade presente nas amostras adicionadas de maiores proporções da polpa mangaba. A taxa de deformação de  $50 \text{ s}^{-1}$  foi fixada em razão dos valores de viscosidade aparente, neste ponto, serem notavelmente diferentes para todas as amostras. Além disso, no valor de  $50 \text{ s}^{-1}$ , de acordo com Akhtar et al. (2006), os estímulos orais associados à percepção da viscosidade para produtos de baixa viscosidade são geralmente desenvolvidos.

### **Análise sensorial, física e físico-química**

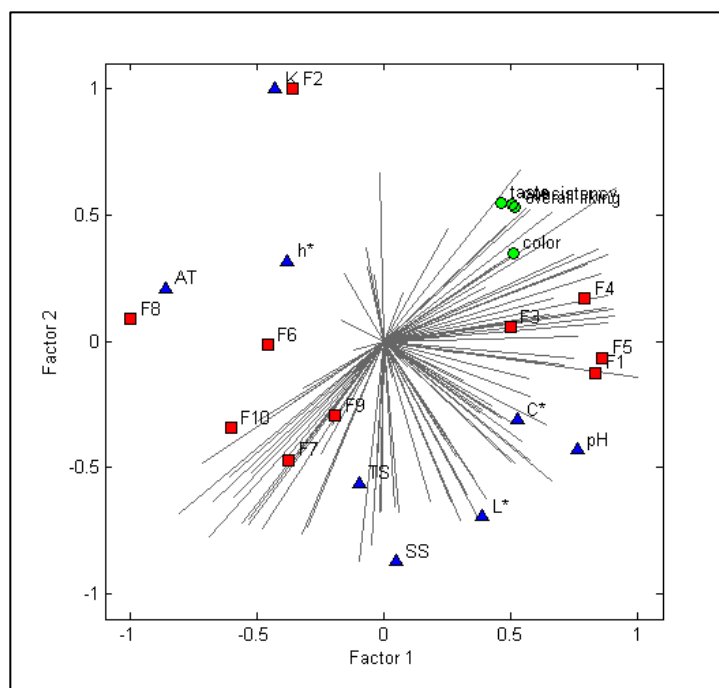
Os valores médios para as características sensoriais, físicas e físico-químicas de sucos de fruta estão apresentados na Tabela 3. Com o propósito de representar a distribuição dos 100 consumidores (vetores), as formulações (F1 a F10) e os dados de aceitação em relação aos atributos sensoriais avaliados (cor, sabor, consistência e impressão

global) e, ainda, correlacionar esta preferência com os dados das análises físico-químicas e física, foi gerado o mapa de preferência externo de três vias (Figura 2), obtido por meio da análise de fatores paralelos (PARAFAC). O PARAFAC foi fixado com o modelo de 2 fatores, o qual explicou 35.09% da variabilidade e apresentou um valor de CORCONDIA igual a 79.24%.

**Tabela 3 - Atributos sensoriais, cor instrumental e aspectos físico-químicos dos sucos de polpa de frutas.**

Análises	Formulação									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<b>Atributos Sensoriais</b>										
Cor	5.69 <sup>abcd</sup>	5.35 <sup>bcd</sup>	6.31 <sup>a</sup>	5.68 <sup>abcd</sup>	5.93 <sup>abc</sup>	6.05 <sup>ab</sup>	5.10 <sup>cd</sup>	5.01 <sup>d</sup>	6.20 <sup>a</sup>	5.29 <sup>bcd</sup>
Sabor	6.08 <sup>a</sup>	4.15 <sup>c</sup>	5.41 <sup>ab</sup>	5.31 <sup>ab</sup>	5.55 <sup>ab</sup>	5.12 <sup>ab</sup>	5.60 <sup>a</sup>	4.63 <sup>bc</sup>	5.72 <sup>a</sup>	5.34 <sup>ab</sup>
Consistência	6.37 <sup>a</sup>	5.05 <sup>c</sup>	6.20 <sup>a</sup>	6.03 <sup>a</sup>	6.41 <sup>a</sup>	5.93 <sup>ab</sup>	6.10 <sup>a</sup>	5.17 <sup>bc</sup>	6.36 <sup>a</sup>	5.94 <sup>ab</sup>
Impressão Global	6.25 <sup>a</sup>	4.71 <sup>c</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.72 <sup>ab</sup>	6.01 <sup>a</sup>	5.49 <sup>abc</sup>	5.82 <sup>a</sup>	4.88 <sup>bc</sup>	5.95 <sup>a</sup>	5.51 <sup>abc</sup>
<b>Cor instrumental</b>										
L*	57.26 <sup>ab</sup>	53.14 <sup>e</sup>	55.12 <sup>d</sup>	57.57 <sup>ab</sup>	56.95 <sup>abc</sup>	53.34 <sup>e</sup>	58.23 <sup>a</sup>	56.66 <sup>bc</sup>	56.24 <sup>bcd</sup>	55.63 <sup>cd</sup>
C*	34.50 <sup>b</sup>	30.00 <sup>ef</sup>	37.57 <sup>a</sup>	31.08 <sup>def</sup>	31.42 <sup>cde</sup>	29.29 <sup>f</sup>	32.73 <sup>bcd</sup>	30.88 <sup>def</sup>	33.12 <sup>bc</sup>	30.75 <sup>ef</sup>
h*	70.28 <sup>g</sup>	82.34 <sup>c</sup>	87.39 <sup>a</sup>	74.71 <sup>e</sup>	76.12 <sup>e</sup>	87.12 <sup>a</sup>	72.53 <sup>f</sup>	79.19 <sup>d</sup>	84.46 <sup>b</sup>	78.26 <sup>d</sup>
<b>Aspectos físico-químicos</b>										
pH	4.97 <sup>a</sup>	3.54 <sup>i</sup>	4.00 <sup>d</sup>	3.97 <sup>e</sup>	4.27 <sup>b</sup>	3.56 <sup>i</sup>	4.18 <sup>c</sup>	3.74 <sup>h</sup>	3.78 <sup>g</sup>	3.80 <sup>f</sup>
Acidez Titulável (AT)	0.08 <sup>e</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.17 <sup>cd</sup>	0.15 <sup>d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.22 <sup>ab</sup>
Sólidos Solúveis (SS)	5.00 <sup>c</sup>	2.97 <sup>e</sup>	4.00 <sup>d</sup>	5.00 <sup>c</sup>	5.00 <sup>c</sup>	4.00 <sup>d</sup>	5.00 <sup>c</sup>	4.00 <sup>d</sup>	5.97 <sup>b</sup>	7.00 <sup>a</sup>
Açúcar Total (TS)	2.27 <sup>bc</sup>	1.92 <sup>c</sup>	2.05 <sup>c</sup>	2.27 <sup>bc</sup>	2.74 <sup>b</sup>	2.42 <sup>bc</sup>	2.31 <sup>bc</sup>	2.02 <sup>c</sup>	2.35 <sup>bc</sup>	3.85 <sup>a</sup>

Os valores médios seguidos pelas mesmas letras na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). AT em g de ácido cítrico/100 g f. w. (fresh weight); SS em °Brix; e TS em g/100 g f. w. (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.



**Figure 2 - Mapa de preferência externo de três vias (TWEPM) para os atributos sensoriais (cor, sabor, consistência e impressão global), aspectos físicos ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  e  $K$ ), aspectos físico-químicos ( $pH$ ,  $AT$ ,  $SS$  e  $TS$ ). Índice de consistência ( $K$ ); Acidez Titulável ( $TA$ ); Sólidos Solúveis ( $SS$ ); e Açúcar Total ( $TS$ ). (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.**

De maneira geral todas as amostras, com exceção da F2, F6 e F8, obtiveram semelhante aceitação sensorial. Conforme apresentado na tabela de média as formulações mais aceitas apresentaram notas variando entre os termos hedônicos “indiferente” e “gostei

moderadamente”, já as formulações menos aceitas as notas médias variaram entre os termos hedônicos “desgostei ligeiramente” a “gostei ligeiramente”. Vale ressaltar que de modo geral as notas de todas as formulações estão relativamente baixas. Tal afirmação pode ser justificada pelo fato destas frutas não serem típicas da região, sendo que os consumidores não estavam habituados com seus sabores. Estas formulações menos aceitas correspondem aos sucos elaborados com 100% de mangaba, 50% de mangaba e 67% de mangaba, respectivamente, o que sugere que a polpa de mangaba pode contribuir de maneira negativa para a aceitação do suco. De acordo com Sampaio e Nogueira (2006) e Nascimento e outros (2014), a mangaba é considerada uma fruta de sabor exótico com alto nível de acidez.

A partir da tabela de média (Tabela 3), foi possível verificar que as amostras diferenciaram entre si ( $p < 0.05$ ) para todos os atributos avaliados. De acordo com a tabela de média e com o PARAFAC (Figura 2), pode ser visualizado que as amostras menos aceitas apresentaram os maiores valores de acidez total titulável (AT) e os maiores valores de hue ( $h^*$ ) e índice de consistência ( $K$ ). Dessa forma, a maior acidez, a

coloração mais intensa de amarelo e a maior viscosidade podem ter contribuído para a menor aceitabilidade destas formulações. Em relação às formulações mais aceitas, não é possível determinar exatamente quais parâmetros contribuíram para isso.

### **Compostos bioativos e atividade antioxidante**

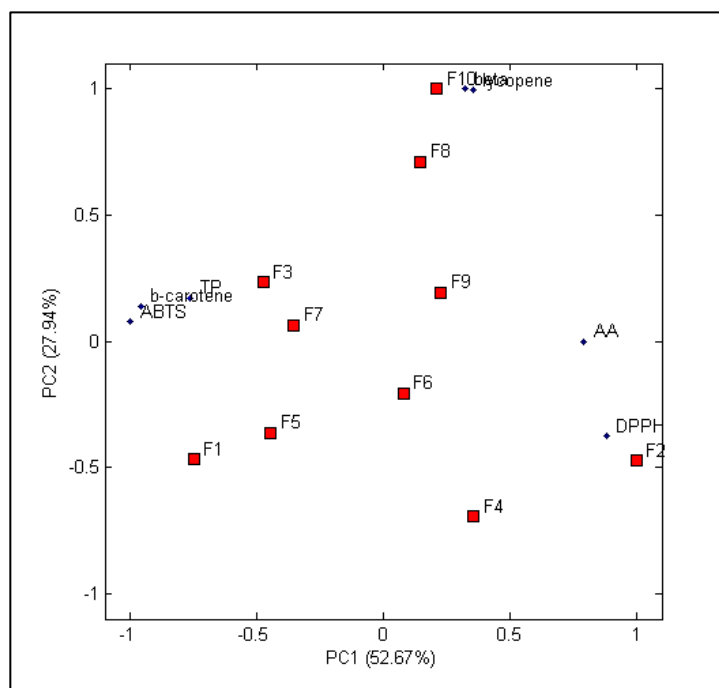
Os dados referentes ao teor de ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e à quantidade de carotenoides ( $\beta$ -caroteno e licopeno) estão apresentados na Tabela 4. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para correlacionar os compostos bioativos e atividade antioxidante das diferentes formulações de sucos de frutas, facilitando assim a visualização (Figura 3).



**Tabela 4 - Capacidade antioxidante (ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno), teor de fenólicos totais, ácido ascórbico e carotenoides de suco de frutas misto.**

Formulação	ABTS	DPPH	$\beta$ -caroteno	Fenólicos Totais	Ácido ascórbico	Carotenoides $\beta$ -caroteno	Carotenoides Licopeno
F1	2.25 <sup>a</sup>	569.91 <sup>j</sup>	74.84 <sup>b</sup>	187.11 <sup>a</sup>	11.59 <sup>e</sup>	0.19 <sup>e</sup>	0.12 <sup>f</sup>
F2	0.33 <sup>j</sup>	2531.07 <sup>a</sup>	40.56 <sup>g</sup>	45.14 <sup>e</sup>	21.55 <sup>a</sup>	0.30 <sup>cd</sup>	0.20 <sup>de</sup>
F3	1.84 <sup>c</sup>	1077.9 <sup>e</sup>	84.82 <sup>a</sup>	121.82 <sup>c</sup>	8.09 <sup>fg</sup>	0.36 <sup>bc</sup>	0.22 <sup>cd</sup>
F4	0.99 <sup>h</sup>	2326.98 <sup>b</sup>	55.61 <sup>f</sup>	73.21 <sup>d</sup>	13.42 <sup>d</sup>	0.24 <sup>de</sup>	0.15 <sup>f</sup>
F5	2.15 <sup>b</sup>	639.93 <sup>h</sup>	75.85 <sup>b</sup>	60.04 <sup>de</sup>	9.58 <sup>g</sup>	0.24 <sup>de</sup>	0.15 <sup>f</sup>
F6	1.20 <sup>g</sup>	1006.66 <sup>f</sup>	69.50 <sup>c</sup>	77.09 <sup>d</sup>	17.73 <sup>c</sup>	0.29 <sup>cde</sup>	0.18 <sup>e</sup>
F7	1.68 <sup>d</sup>	601.14 <sup>i</sup>	65.57 <sup>d</sup>	152.44 <sup>b</sup>	11.12 <sup>ef</sup>	0.31 <sup>cd</sup>	0.20 <sup>de</sup>
F8	1.60 <sup>e</sup>	911.22 <sup>g</sup>	65.35 <sup>d</sup>	104.99 <sup>c</sup>	19.52 <sup>b</sup>	0.45 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>b</sup>
F9	0.82 <sup>i</sup>	1106.96 <sup>d</sup>	60.13 <sup>e</sup>	66.40 <sup>d</sup>	11.34 <sup>e</sup>	0.38 <sup>bc</sup>	0.24 <sup>c</sup>
F10	1.30 <sup>f</sup>	1157.45 <sup>c</sup>	60.35 <sup>e</sup>	107.15 <sup>c</sup>	13.32 <sup>d</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>

Os valores médios seguidos pelas mesmas letras na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). ABTS ( $\mu\text{mol TEs/g f. w.}$ ); DPPH ( $\text{EC}_{50} - \text{g f. w./g DPPH}$ );  $\beta$ -caroteno (% de proteção); Fenólicos totais ( $\text{mg GAEs/100 g f. w.}$ ) - GAE (Equivalente de ácido gálico); Ácido ascórbico ( $\text{mg/100 g f. w.}$ ); Carotenoides ( $\text{mg } \beta\text{-caroteno/100 g f. w.}$ ) e ( $\text{mg licopeno/100 g f. w.}$ ). (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.



**Figure 3 - Análise de componentes principais (PCA) para as diferentes amostras de formulações de sucos de frutas, compostos bioativos e atividade antioxidante.** Capacidade antioxidante – ABTS (ABTS); Capacidade antioxidante - DPPH (DPPH); Capacidade antioxidante -  $\beta$ -caroteno (b-carotene); Fenólicos Totais (TP); Ácido ascórbico (AA). Carotenoides -  $\beta$ -caroteno (beta); Carotenoides - Licopene (lycopene). (F1) marolo; (F2) mangaba; (F3) cagaita; (F4) 50% de marolo e 50% de mangaba; (F5) 50% de marolo e 50% de cagaita; (F6) 50% de mangaba e 50% de cagaita; (F7) 67.33% de marolo, 16.33% de mangaba e 16.33% de cagaita; (F8) 67.33% de mangaba, 16.33% de marolo e 16.33% de cagaita; (F9) 67.33% de cagaita, 16.33% de marolo e 16.33% de mangaba; e (F10) 34% de cagaita, 33% de marolo e 33% de mangaba.

De acordo com a tabela de média e o PCA (Tabela 4 e Figura 3), foi possível verificar que os sucos diferenciaram entre si em relação à atividade antioxidante e aos compostos bioativos avaliados. As formulações F1, F3, F5 e F7 apresentaram o maior teor de compostos

fenólicos e maior atividade antioxidante, pelos métodos de ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno. Estas formulações correspondem aos sucos de marolo e cagaita, bem como sua combinação, assim, o marolo e a cagaita contribuem para a obtenção de um suco com maior atividade antioxidante e maior teor de compostos fenólicos. De acordo com a classificação de Hassimotto e outros (2005), apenas as formulações F1, F3 e F5, se enquadram com alta capacidade antioxidante (>70% de inibição), pelo método de  $\beta$ -caroteno, uma vez que as demais podem ser consideradas com capacidade intermediária (40-70% de inibição). Conforme a classificação de Vasco e outros (2008), as formulações F2, F4, F5, F6 e F9 apresentaram baixo teor de fenólicos (<100 mg GAE/100 g); e as demais médio teor (100-500 mg GAE/100 g).

A formulação F2 (elaborada com 100% de mangaba) apresentou o teor mais elevado de ácido ascórbico em comparação às demais, assim, a mangaba parece ser o fruto que mais contribuiu para o teor de vitamina C do suco de frutas. Segundo a classificação apresentada por Ramful e outros (2011), todos os sucos elaborados podem ser considerados de baixo teor de ácido ascórbico (<30 mg/100g).

Em relação aos carotenoides, a formulação F10, que corresponde a mistura de quantidade equivalente das três frutas, se destacou por apresentar o teor mais elevado de  $\beta$ -caroteno e licopeno. É interessante observar que pode ter ocorrido um efeito sinérgico (reações químicas) entre as frutas, uma vez que o suco misto apresentou maior qualidade nutricional em comparação ao suco das três frutas isoladas. Tais resultados corroboram com os encontrados por Curi e outros (2017) e Sobhana e outros (2015), em estudos com sucos mistos de frutas tropicais como abacaxi, caqui e laranja e sucos mistos de frutas tropicais como caju, abacaxi e maracujá, respectivamente, os quais constataram que a mistura de mais de uma fruta enriqueceu os sucos elaborados. O desenvolvimento de produtos de frutas mistas é uma alternativa para agregar valor nutricional de duas ou mais frutas.

### **Otimização de suco de frutas misto**

A otimização da formulação do suco misto de frutas do Cerrado brasileiro foi realizada por meio da aplicação da função de desejabilidade, levando em consideração os parâmetros sensoriais (cor,

sabor, consistência e impressão global) e os aspectos nutricionais (fenólicos totais, ácido ascórbico, capacidade antioxidante ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno, e carotenoides  $\beta$ -caroteno e licopeno).

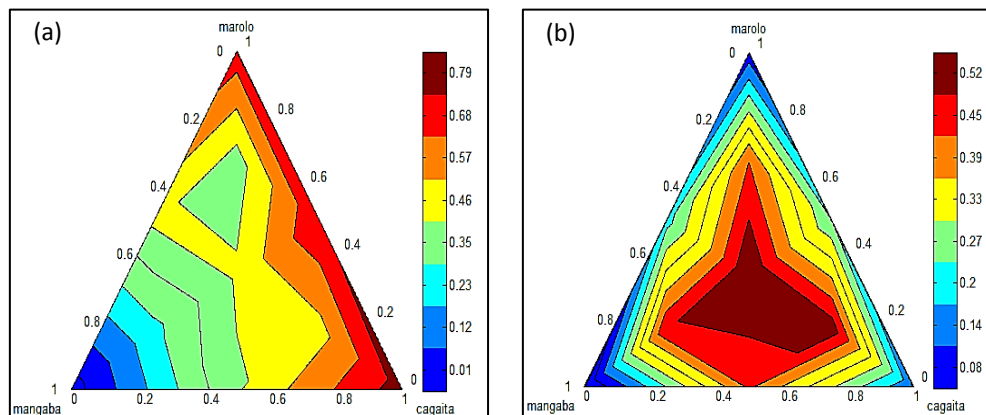
Modelos quadráticos para a função desejabilidade foram ajustados tanto para as variáveis sensoriais (cor, sabor, consistência e impressão global) expresso na Equação 1, quanto para as variáveis nutricionais (ácido ascórbico, fenólicos totais, atividade antioxidante e carotenoides) apresentado na Equação 2. Os modelos apresentaram valores de  $R^2$  maiores que 0.7, regressões significativas ( $p \leq 0.05$ ) e falta de ajuste não significativa ( $p \geq 0.05$ ), o que indica que os modelos utilizados foram adequados para as predições (Henika 1982). Nas Equações 1 e 2, está apresentado o modelo predito pela função desejabilidade para os dados sensoriais e para os dados nutricionais, respectivamente.

$$Y_s = 0.76X_1^* - 0.05X_2 + 0.85X_3^* + 1.33X_1X_2 - 1.49X_1X_3 + 0.08X_2X_3$$

(1)

$$Y_n = 0.12X_1 + 0.04X_2 + 0.15X_3^* + 0.72X_1X_2^* + 1.42X_1X_3^* + 1.85X_2X_3^* \quad (2)$$

Sendo  $X_1$  a % de suco de marolo,  $X_2$  a % de suco de mangaba e  $X_3$  a % de suco de cagaita, onde o símbolo \* indica que o coeficiente foi significativo ( $p \leq 0,05$ ). Com base na equação predita da desejabilidade sensorial e nutricional, as curvas de contornos foram geradas e a região ótima foi obtida (Figura 4).



**Figure 4 - Curva de contorno para a função de desejabilidade sensorial (a) e desejabilidade nutricional (b) para sucos mistos de frutas do Cerrado.**

De acordo com a curva de contorno (Figura 4) é possível observar a região ótima, onde se tem as proporções mais aceitas sensorialmente (Figura 4a), isto é, a região que apresenta as faixas com melhor cor, sabor, consistência e impressão global; e as proporções mais ricas nutricionalmente (Figura 4b), ou seja, a região que concomitantemente

têm-se as faixas com os melhores teores de fenólicos totais, ácido ascórbico, capacidade antioxidante ABTS, DPPH e  $\beta$ -caroteno, e carotenoides  $\beta$ -caroteno e licopeno.

Baseado na curva de contorno gerada para a função desejabilidade sensorial (Figura 4a) se pode verificar que os sucos mistos de frutas devem conter de 0-100% de marolo, 0-100% de cagaita e 0-10% de mangaba. A Figura 4b apresenta a curva de contorno gerada para a função desejabilidade nutricional, onde se pode verificar que os sucos mistos de frutas devem conter de 0-70% de marolo, 10-70% de cagaita e 10-70% de mangaba. De acordo com função desejabilidade sensorial e nutricional o suco misto deve conter, então, de 0-70% de marolo, 10-70% de cagaita e 10% de mangaba.

Dessa forma, visando obter um suco mais rico nutricionalmente e mais aceito pelos consumidores este deve conter 10% de mangaba e 90% de marolo e cagaita, sendo que cada uma destas frutas deve ser adicionada de no máximo 70%. A exata proporção de marolo e cagaita poderá depender da disponibilidade durante a época do ano ou de acordo com o valor de aquisição da polpa.

Neste estudo foi verificado que as polpas de frutas quando combinadas podem apresentar sucos mistos com melhores características sensoriais e nutricionais, do que quando elaboradas a partir de somente uma fruta. Associado a este fato, o uso das três frutas na formulação de produtos mistos é de extrema relevância já que poderá contribuir para a maior utilização e agregação de valor a cada uma das frutas.

### **Conclusão**

Foi verificado que uma alternativa viável seria a utilização da polpa de marolo, de cagaita e de mangaba na elaboração de um suco de fruta misto. O suco destas frutas, quando combinadas, apresentou melhores características sensoriais e nutricionais em comparação aos sucos das frutas isoladas. De acordo com a função de desejabilidade sensorial e nutricional, o suco misto deve conter de 0-70% de marolo, 10-70% de cagaita e 10% de mangaba.

Desta forma, o uso das três frutas na formulação de produtos mistos é de extrema relevância já que poderá contribuir para a maior



utilização e agregação de valor a cada uma delas. As formulações analisadas podem ser incluídas no mercado, ampliando as opções de consumo do produto, com perspectiva de sucesso.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasília, Brasil) pela concessão de bolsa de estudo e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Belo Horizonte, Brasil) pelo suporte financeiro a esta pesquisa (CAG - APQ-01848-14\_522847 FAPEMIG).

### **REFERÊNCIAS**

- Ahmed J, Ramaswamy HS, Sashidhar KC. 2007. Rheological characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. *LWT-Food Sci Technol* 40(2):225–231.
- Akhtar M, Murray BS, Dickinson E. 2006. Perception of creaminess of model oil-in-water dairy emulsions: influence of the shear-thinning nature of a viscosity-controlling hydrocolloid. *Food Hydrocoll* 20(6):839–847
- Augusto PED, Falguera V, Cristianini M, Ibarz A. 2011. Influence of fibre addition on the rheological properties of peach juice. *Int J Food Sci Tech* 46(5):1086-1092.

Bezerra CV, Silva LHM, Costa RDS, Mattietto RA, Rodrigues AMC. 2013. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. *Braz J Food Technol* 16(2):155-162.

Brand-Willians W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol* 28(1):25-30.

Brasil. 2009. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009. Aprova o Regulamento de registro, a padronização, a classificação, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. *Diário Oficial da União, Brasília*, 14 jul. 1994. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 8 mar 2016.

Bro R. 1997. PARAFAC. Tutorial and applications. *Chemometr Intell Lab Syst* 38(2):149-171.

Cepeda E, Hermosa M, Llorens F, Villarán. 2002. Rheological behaviour of blueberry cloudy juice (*Vaccinium corymbosum* L.). *Int J Food Sci Technol* 37(3):271-276.

Conceição MC, Fernandes TN, Prado MET, Resende JV. 2012. Effect of sucrose and pectin addition on physical, chemical, thermal and rheological properties of frozen/thawed pineapple pulps. *Korea-Aust Rheol J* 24(3):229–239.

Cornell JA. 2002. *Experiment with Mixtures: Design, Models and Analysis of Mixtures Data*. New York: John Wiley. p 22-95.

Curi PN, Almeida AB, Tavares BS, Nunes CA, Pio R, Pasqual M, Souza VR. 2017. Optimization of tropical fruit juice based on sensory and nutritional characteristics. *Food Sci Technol*. doi: 10.1590/1678-457x.24716.

Da Silva Pereira AC, Siqueira A, Farias JM, Maia A, Figueiredo RW, Sousa PHM. 2009. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. *Arch Latinoam Nutr* 59(4):441-447.

Dak M, Verma RC, Jaaffrey SNA. 2007. Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. *J Food Eng* 80(4):1011-1015.

De Ketelaere B, Goos P, Brijs K. 2011. Prespecified factor level combination in the optimal design of mixture-process variable experiments. *Food Qual Prefer* 22(7): 661-670.

Derringer G, Suich R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. *J Qual Technol* 12:214–218.

Dische Z. 1962. General color reactions. In: Whistler RL, Wolfram ML, editor. *Carbohydrate chemistry*. New York: Academic Press. p 477-512.

Evangelista RM, Vieites RL. 2006. Avaliação da Qualidade de Polpa de Goiaba Congelada, Comercializada na Cidade de São Paulo. *Segur Aliment Nutr* 13(2):76-81.

Freire IS. 2012. Reologia escoamento e deformação da matéria. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CTC/UNB. p 1-20.

Gennadios A, Weller CL, Hanna MA, Froning GW. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *J Food Sci* 61(3):585-589.

Gonçalves BJ, Pereira CG, Lago AMT, Gonçalves CS, Giarola TM, Abreu LR, Resende JV. 2017. Thermal conductivity as influenced by the temperature and apparent viscosity of dairy products. *J Dairy Sci* 1-13. doi:10.3168/jds.2016-12051.

Guedes DB, Ramos AM, Diniz MDMS. 2010. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. *Braz J Food Technol* 13(4):279-285.

Hassimotto NM, Genovese MI, Lajolo FM. 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *J Agric Food Chem* 53(8): 2928-2935.

Henika GR. 1982. Use of response surface methodology in sensory evaluation. *Food Technol* 36:96-101.

Hulle NRS, Patruni K, Rao PS. 2014. Rheological properties of Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) juice concentrates. *J Food Process Eng* 37(4):375-386.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 4th ed. p 83-158.

Lagrange V, Norback JP. 1987. Product optimization and the acceptor set size. *J Sens Stud* 2(2):119-136.

Larrauri JA, Ruperez P, Saura-Calixto F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *J Agric Food Chem* 45(4):1390-1393.

Macfie HJ, Bratchell N, Greenhoff K, Vallis LV. 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *J Sens Stud* 4(2):129-148.

Machado JCV. 2002. Reologia e escoamento de fluidos. Rio de Janeiro: Interciência. 257p.

Mattietto RA, Yano CYB, Vasconcelos MAM. 2006. Caracterização de um "Blend" Tropical Elaborado com Polpa de Maracujá, Acerola e Taperebá. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental. p 1-17.

Matsuura FCAU, Folegatti MID, Cardoso L, Ferreira DC. 2004. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. *Sci Agric* 61(6):604-608.

Miller HE. 1971. A simplified method for the evaluation of antioxidants. *J Am Oil Chem Soc* 48(2):91-91.

Nascimento RSM, Cardoso JA, Coccoza FDM. 2014. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. *Rev Bras Eng Agri Ambient* 18(8):856-860.

Nunes CA, Pinheiro ACM, Bastos SC. 2011. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). *J Sens Stud* 26(2):167-174.

Nunes CA, Freitas MP, Pinheiro ACM, Bastos SC. 2012a. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. *J Brazil Chem Soc* 23(11):2003-2010.

Nunes CA, Bastos SC, Pinheiro ACM, Pimenta CJ, Pimenta MESG. 2012b. Relating consumer acceptance to descriptive attributes by three-way external preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). *J Sens Stud* 27(4):209-216.

Oludemi FO, Akanbi CT. 2013. Chemical, antioxidant and sensory properties of tomato-watermelon-pineapple blends, and changes in their total antioxidant capacity during storage. *Int J Food Sci Technol* 48(7):1416–1425.

Pinheiro ACM, Nunes CA, Vietoris V. 2013. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. *Ciênc Agrotecnol* 37(3):199–201.

Ramful D, Tarnus E, Aruoma OI, Bourdan E, Bahorun T. 2011. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Res Inter* 44(7): 2088-2099.

Rao MA. 2007. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*, Gaithersburg: Aspean Publishers Inc. p 25–52.

Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10):1231-1237.

Rodrigues-Amaya BB. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: ILST Press. p 23-40.

Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. 2007. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc Tecnol Aliment* 27(1):53-60.

Sampaio TS, Nogueira PCL. 2006. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. *Food Chem* 95(4):606-610.

Sato ACK, Cunha RL. 2007. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. *Ciênc Tecnol Aliment* 27(4):890-896.

Sesmero R, Mitchell J, Mercado J, Quesada M. 2009. Rheological characterisation of juices obtained from transgenic pectate lyase-silenced strawberry fruits. *Food Chem* 116(2):426-432.

Shamsudin R, Daud WRW, Takrif MS, Hassan O, Ilicali C. 2009. Rheological properties of Josapine pineapple juice at different stages of maturity. *Intern Journ Food Sci Technol* 44:757-762.

Sharma SK, Mulvaney SJ, Rizvi SSH. 2000. Food processing engineering: theory and laboratory experiments. Washington: Wiley-Interscience. 348 p.

Silva FC, Guimarães DHP, Gasparetto CA. 2005. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. *Ciênc Tecnol Aliment* 25(1):121-126.

Sobhana A, Mathew J, Ambili Appukutan A, Mredhula Raghavan C. 2015. Blending of cashew apple juice with fruit juices and spices for improving nutritional quality and palatability. *Acta Hort* 1080(1):369-375.

Sousa PHM, Maia GA, Azeredo HMC, Ramos AM, Figueiredo RW. 2010. Storage stability of a tropical fruit (cashew apple, acerola, papaya, guava and passion fruit) mixed nectar added caffeine. *Int J Food Sci Tech* 45(10):2162–2166.

Souza VR, Pereira PAP, Pinheiro ACM, Nunes CA, Silva TLT, Borges SV, Queiroz F. 2012. Multivariate approaches for optimization of the acceptance: optimization of a brazilian cerrado fruit jam using mixture design and parallel factor analysis. *J Sens Stud* 27(6):417-24.

Strohecker R, Henning HM. 1967. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo. p 268-302.

Vasco C, Ruales J, Kamal-Eldin A. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem* 111(4): 816–823.

Waterhouse AL. 2002. Polyphenolics: Determination of total phenolics in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: John Wiley & Sons. p 1111-1118.

### **3 CONCLUSÃO GERAL**

Diante da caracterização das polpas de frutas, em estudo neste trabalho, foi observado que cada polpa apresentou uma característica particular, no entanto, o marolo e a mangaba se destacaram por serem as frutas mais ricas nutricionalmente. Na análise sensorial dos sucos isolados a polpa de fruta cagaita foi a mais aceita por parte dos consumidores provadores. Assim, seguiu-se o estudo utilizando as polpas de frutas de cagaita, mangaba e marolo para o preparo dos sucos mistos. Para todos os atributos sensoriais avaliados as formulações de suco elaboradas com a maior proporção de marolo e cagaita foram as mais aceitas. O marolo e cagaita contribuíram positivamente para a aceitabilidade do suco, já a mangaba contribuiu negativamente. Desta forma, aconselha-se a elaboração de um suco misto com maiores proporções de marolo e cagaita e menor proporção de mangaba. A mistura de frutas pode alterar as características físico-químicas podendo refletir em uma maior qualidade nutricional e sensorial, adequada para criar novos sabores, compensar gostos fortes ou até mesmo promover a combinação nutricional de duas ou mais frutas.