

FABIANA ROSSI HAMACEK

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL  
DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS DO CERRADO DE MINAS GERAIS**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012

FABIANA ROSSI HAMACEK

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL DE  
ESPÉCIES FRUTÍFERAS DO CERRADO DE MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 24 de fevereiro de 2012

---

Profª. Ana Vlândia Bandeira Moreira  
(Co-Orientadora)

---

Profª. Luiza Carla Vidigal Castro

---

Profº. Antônio Jacinto Demuner

---

Profª. Helena Maria Pinheiro Sant'Ana  
(Orientadora)

**Agradeço** a Deus por sempre estar presente em meu caminho me dando força para que consiga chegar ao final.

**Dedico** aos meus pais, Alzira e Alexandre, e aos meus irmãos e amigos Fernanda e Alan e ao meu namorado Diego.



*“Sabemos o que somos, mas ignoramos em que podemos tornar-nos”.*

*Willian Shakespeare*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Nutrição e Saúde, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À Prof<sup>a</sup>. Helena Maria Pinheiro Sant'Ana, pela orientação, pelo estímulo e apoio, paciência e compreensão diante de minhas limitações, pelo companheirismo e amizade durante o mestrado.

Às Prof<sup>as</sup>. Ana Vlândia Bandeira Moreira, Hércia Stampini Duarte Martino e Sônia Machado Rocha Ribeiro, pelos conselhos, sugestões e informações e pela simpatia em sempre me receber.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Nutrição e Saúde: Ricardo de Brito, Isabel do Carmo, Fabiana Carvalho Rodrigues, pelo auxílio na realização das atividades e análises realizadas nos Laboratórios de Análise de Alimentos; Desenvolvimentos de Novos Produtos; e Nutrição Experimental.

Ao Prof. Fernando Mendes Barbosa do Instituto Federal do Norte de Minas/IFNM, pelo empenho e dedicação na realização da coleta dos frutos.

À bolsista de Iniciação Científica Priscila Gomes Rossini Santos, pela dedicação e disponibilidade, pelo companheirismo e amizade.

Às estagiárias Laura Luiza Menezes Santos, Letícia Linhares da Silva e Sabrina de Freitas Bedetti, pela ajuda inestimável e pelas boas risadas.

À Ceres Mattos Della Lucia, grande amiga e companheira, pelas boas conversas e confidências; e, principalmente, pelo incentivo, amizade e ajuda, por compartilhar comigo momentos de descontração nos lanches, na hora do almoço e nos chopinhos depois da academia.

A todos os companheiros do Laboratório de Análise de Vitaminas (LAV): Carlos Mário da Silveira, Daniela da Silva Oliveira, Leandro de Moraes Cardoso, Jéssica Miranda Bulthers, Leonan dos Santos Rodrigues e Camila Resende pela ajuda, risadas e companheirismo.

Aos meus amados pais, Alzira e Alexandre, por tudo o que fizeram por mim, pelo esforço e incentivo para que eu pudesse chegar até aqui, pelo amor e pela confiança.

Aos meus irmãos, Fernanda e Alan, meus grandes e melhores amigos, pelo companheirismo, pelos momentos de descontração e alegrias.

Ao meu namorado, Diego, pelo amor, incentivo, e carinho mesmo estando longe, sem sua paciência não conseguiria chegar até aqui.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, pelas bênçãos, pela vida e por permitir mais essa conquista em minha caminhada.

## BIOGRAFIA

Fabiana Rossi Hamacek nasceu em 23 de dezembro de 1983, no município de Santos, São Paulo.

Em julho de 2008 graduou-se em Nutrição pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (MG) e em agosto de 2009, iniciou o treinamento no Programa de Treinamento para Aprimoramento Profissional Nível Superior no Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde, na Universidade Federal de Viçosa/MG.

Em março de 2010 ingressou no Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência da Nutrição da Universidade Federal de Viçosa (MG), atuando na linha de pesquisa “Dietética e Qualidade de Alimentos” e pleiteou o título de mestre em fevereiro de 2012.



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1. Objetivo Geral .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	5
3.1. Frutos .....	5
3.2. Equipamentos .....	5
3.3. Reagentes e outros materiais .....	6
3.4. Coleta e amostragem .....	7
3.5. Obtenção das polpas e preparo das amostras .....	8
3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados .....	9
3.7. Caracterização física .....	9
3.8. Análise físico-químicas e químicas .....	9
3.8.1. Análises físico-químicas .....	10
3.8.1.1. Determinação da acidez titulável .....	10
3.8.1.2. Determinação do pH .....	10
3.8.1.3. Determinação dos sólidos solúveis .....	10
3.8.2. Análises químicas .....	11
3.8.2.1. Determinação da umidade .....	11
3.8.2.2. Determinação de fibra alimentar total .....	11
3.8.2.3. Determinação de lipídios .....	12
3.8.2.4. Determinação de cinzas totais .....	13
3.8.2.5. Determinação de proteínas .....	13
3.8.2.6. Cálculo do teor de carboidratos .....	14
3.8.2.7. Estimativa do valor energético total .....	14
3.9. Determinação de carotenóides e vitaminas .....	14
3.9.1. Extração e análise de carotenóides .....	15
3.9.2. Extração e análise de vitamina C .....	16

3.9.3.	Extração e análise de vitamina E .....	18
3.9.4.	Extração e análise de folatos .....	19
3.9.5.	Isolamento dos padrões de carotenóides.....	20
3.9.6.	Preparo de soluções de padrões de carotenóides e vitaminas .....	23
3.9.7.	Identificação e quantificação de carotenóides e vitaminas nos frutos .....	24
3.9.8.	Controle de qualidade dos métodos de análise .....	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1.	Caracterização física .....	27
4.1.1.	Araçá.....	27
4.1.2.	Buriti.....	28
4.1.3.	Murici.....	29
4.1.4.	Tamarindo.....	31
4.2.	Caracterização físico-química.....	32
4.3.	Caracterização química .....	35
4.4.	Carotenóides e vitaminas .....	39
4.4.1.	Qualidade dos métodos de análise .....	39
4.4.1.1.	Repetibilidade .....	39
4.4.1.2.	Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade .....	40
4.4.1.3.	Recuperação.....	42
4.5.	Composição qualitativa .....	43
4.5.1.	Araçá.....	43
4.5.2.	Buriti.....	44
4.5.3.	Murici.....	45
4.5.4.	Tamarindo .....	46
4.6.	Quantificação de carotenóides e vitaminas nos frutos.....	47
4.6.1.	Carotenóides.....	47
4.6.2.	Vitamina C.....	49
4.6.3.	Vitamina E.....	50
4.6.4.	Folatos .....	51
4.7.	Categorização de frutos do Cerrado como fontes de vitaminas .....	53
4.7.1.	Categorização em 100 gramas de polpa .....	53
4.7.2.	Categorização em porções .....	56
5.	CONCLUSÕES .....	57

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
-------------------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação fotográfica dos frutos de araçazeiro ( <i>Psidium firmum</i> O. Berg.....	27
Figura 2: Representação fotográfica dos frutos de buritizeiro ( <i>Mauritia flexuosa</i> L.).....	28
Figura 3: Representação fotográfica dos frutos de muricizeiro ( <i>Byrsonima verbascifolia</i> ).....	30
Figura 4: Representação fotográfica dos frutos de tamarindeiro ( <i>Tamarindus indica</i> .).....	31
Figura 5: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina E (B) e folatos (C) em polpa de araçá ( <i>Psidium firmum</i> O. Berg) do Cerrado de Minas Gerais (Diamantina, Minas Gerais, Brasil). $\alpha$ -T: $\alpha$ -tocoferol; $\gamma$ -T: $\gamma$ -tocoferol.....	44
Figura 6: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de buriti ( <i>Mauritia vinifera</i> Mart.) do Cerrado de Minas Gerais (Januária, Minas Gerais, Brasil). $\alpha$ -T: $\alpha$ -tocoferol; $\alpha$ -T3: $\alpha$ -tocotrienol; $\beta$ -T: $\beta$ -tocoferol $\gamma$ -T: $\gamma$ -tocoferol.....	45
Figura 7: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B) e vitamina E (C) em polpa de murici ( <i>Byrsonima verbascifolia</i> ) do Cerrado de Minas Gerais (Januária, Minas Gerais, Brasil). $\alpha$ -T: $\alpha$ -tocoferol; $\beta$ -T3: $\beta$ -tocotrienol.....	46
Figura 8: Análise por CLAE vitamina C (A), vitamina E (B) e folatos (C) em polpa de e tamarindo ( <i>Tamarindus indica</i> L.) do Cerrado de Minas Gerais (Curvelo, Minas Gerais, Brasil). $\alpha$ -T: $\alpha$ -tocoferol; $\beta$ -T: $\beta$ -tocoferol; $\gamma$ -T: $\gamma$ -tocoferol.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de absorvidade molar e comprimentos de onda máximos utilizados para cálculo da concentração real dos carotenóides e vitaminas.....	24
Tabela 2: Características físicas dos frutos de araçazeiro ( <i>Psidium firmum</i> O. Berg) do Cerrado (Diamantina, Minas Gerais, Brasil).....	28
Tabela 3: Características físicas dos frutos de buritizeiro ( <i>Mauritia flexuosa</i> L.) do Cerrado (Januária, Minas Gerais, Brasil).....	29
Tabela 4: Características físicas dos frutos de muricizeiro ( <i>Byrsonima verbascifolia</i> ) do Cerrado (Januária, Minas Gerais, Brasil). ....	30
Tabela 5: Características físicas dos frutos de tamarindeiro ( <i>Tamarindus indica</i> L.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).....	32
Tabela 6: Características físico-químicas de polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	32
Tabela 7: Características químicas e valor energético total de polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	35
Tabela 8: Repetibilidade dos métodos de análise avaliados em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	39
Tabela 9: Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade dos padrões de carotenóides e vitaminas.....	41
Tabela 10: Percentual de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	43
Tabela 11: Conteúdo de carotenóides em polpa de araçá, buriti e murici do do Cerrado (Minas Gerais, Brasil). ....	48
Tabela 12: Conteúdo de vitamina C em polpa de buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	49
Tabela 13: Conteúdo de vitamina E em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	50
Tabela 14: Conteúdo de folatos em polpa de araçá, buriti e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).....	52
Tabela 15: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina A para crianças, adultos e gestantes.....	53

Tabela 16: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina C para crianças, adultos e gestantes.....	54
Tabela 17: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E para crianças, adultos e gestantes.....	55
Tabela 18: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de folatos para crianças, adultos e gestantes.....	55
Tabela 19: Contribuição de polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitaminas de acordo com a porção recomendada.....	57

## RESUMO

HAMACEK, Fabiana Rossi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro, 2012. **Caracterização física, química e valor nutricional de espécies frutíferas do Cerrado de Minas Gerais.** Orientadora: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Coorientadoras: Ana Vlândia Bandeira Moreira, Hércia Stampini Duarte Martino e Sônia Machado Rocha Ribeiro.

O presente estudo teve como objetivos avaliar as características físicas, a composição química e físico-química, a ocorrência e o conteúdo de carotenóides ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e licopeno), vitamina C (ácido ascórbico e ácido desidroascórbico), vitamina E ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferóis e  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienóis) e folatos (tetraidrofolato, 5-metiltetraidrofolato e 5-formiltetraidrofolato) em frutos do Cerrado de Minas Gerais. Foram utilizados os frutos araçá, buriti, murici e tamarindo, coletados em época de safra em área vegetal nativa com formação típica do Cerrado Minas Gerais. Avaliou-se as características físicas dos frutos (massa, diâmetros, comprimento, altura e rendimento), o teor de acidez titulável, sólidos solúveis e pH da polpa *in natura* dos frutos. Umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibra alimentar total e carboidratos foram também determinados na polpa *in natura* dos frutos. A umidade foi determinada em estufa a 105 °C e as cinzas em mufla a 550 °C. As proteínas foram estabelecidas pelo método micro-Kjeldhal e os lipídios em extrator Soxhlet. A fibra alimentar total foi analisada pelo método gravimétrico não enzimático e os carboidratos foram calculados por diferença através da fórmula: (100 - % de umidade - % de lipídios - % de proteínas - % de fibra alimentar total - % de cinzas). O valor energético total foi estimado considerando-se os fatores de conversão de 4 kcal.g<sup>-1</sup> para proteína e carboidrato e 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios. As análises de vitamina C e carotenóides foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com detecção UV-visível (detector de arranjos de diodos) e a de vitamina E e folatos por CLAE, com detecção por fluorescência. O araçá, buriti, murici e tamarindo apresentaram rendimento de polpa de 81,43 %; 22,75 %; 79,04 % e 52,21 % respectivamente. O teor de sólidos solúveis nos frutos variaram de 7,03 a 44,00 °Brix (araçá e tamarindo, respectivamente). O teor de acidez titulável foi maior na polpa de tamarindo (18,52 g de ácido tartárico.100 g<sup>-1</sup>). O pH dos frutos variou de 2,95 a 3,93 (tamarindo e murici, respectivamente). A umidade foi menor na polpa de tamarindo (35,65 g.100 g<sup>-1</sup>) e maior na polpa de araçá (77,46 g.100 g<sup>-1</sup>). O teor de proteínas variou de 1,26 a 12,39 g.100 g<sup>-1</sup> (murici e

tamarindo, respectivamente). O teor lipídico das polpas foi menor para o araçá (1,07 g.100 g<sup>-1</sup>) e maior para o buriti (12,13 g.100 g<sup>-1</sup>). O teor de fibra alimentar total variou de 4,14 g.100 g<sup>-1</sup> (tamarindo) a 13,58 g.100 g<sup>-1</sup> (murici). O teor de carboidratos variou de 2,10 g.100 g<sup>-1</sup> na polpa de buriti a 50,40 g.100 g<sup>-1</sup> na polpa de tamarindo. O valor energético total foi menor para o fruto do araçá (43,19 kcal.100 g<sup>-1</sup>) e maior para tamarindo (273,01 kcal.100 g<sup>-1</sup>). O maior teor de carotenóides foi encontrado no buriti (23,94 mg.100 g<sup>-1</sup>). Buriti e murici apresentaram os maiores teores de vitamina C (59,94 mg.100 g<sup>-1</sup> e 27,24 mg.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente). O teor de vitamina E foi maior no fruto de buriti, com 6470,74 µg.100 g<sup>-1</sup>. Foi observada a presença de folatos nos frutos de araçá (244,08 µg.100 g<sup>-1</sup>), buriti (53,08 µg.100 g<sup>-1</sup>) e tamarindo (59,35 µg.100 g<sup>-1</sup>). Os frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados apresentaram excelente valor nutricional, sendo alguns deles fontes importantes de macronutrientes como fibra alimentar total, lipídios e carboidratos; e de micronutrientes, como carotenóides e vitaminas, podendo ser classificados como fonte (tamarindo: vitamina C e folatos para crianças), boa fonte (araçá: folatos) e excelente fonte (buriti: Vitamina A, vitamina C e vitamina E e murici: vitamina C) através da ingestão de apenas uma porção do fruto. Dessa forma, a ingestão de araçá, buriti, murici e tamarindo é uma alternativa para a alimentação de populações em vulnerabilidade social que habitam o Cerrado de Minas Gerais, podendo ser uma ferramenta para o alcance da Segurança Alimentar e Nutricional e para prevenção de várias carências nutricionais. Diante de seu potencial, o consumo desses frutos deve ser estimulado em outras regiões. Além disso, os resultados obtidos podem contribuir para viabilizar o desenvolvimento de produtos nutritivos utilizando os frutos estudados e, assim, possibilitar a implementação de tecnologia social no Cerrado por meio de uma produção sustentável.



## ABSTRACT

HAMACEK, Fabiana Rossi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Physical, chemical characterization and nutritional value of fruit species in Cerrado of Minas Gerais.** Advisor: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Co-Advisors: Ana Vlândia Bandeira Moreira, Hércia Stampini Duarte Martino and Sônia Machado Rocha Ribeiro.

Thus, this study aimed to evaluate the physical characteristics, chemical composition, the occurrence and content of carotenoids ( $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene,  $\beta$ -cryptoxanthin and lycopene), vitamin C (ascorbic acid and dehydroascorbic acid), vitamin E ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherols and  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocotrienols) and folate (tetrahydrofolate, 5-methyltetrahydrofolate and 5-formyltetrahydrofolate) in fruits of Cerrado of Minas Gerais. Fruits of araçá, buriti, tamarind and murici were collected at time of harvest in the area with native vegetation typical of Cerrado formation of Minas Gerais, Brazil. We evaluated the physical characteristics of fruits (mass, diameter, length, height and yield), the titratable acidity, soluble solids and pH of the fresh pulp of the fruits. Moisture, ash, protein, lipids, total dietary fiber and carbohydrates were also determined in the pulp of fresh fruits. Moisture was determined at 105 °C and ash was determined in a muffle furnace at 550 °C. Proteins were determined by micro-Kjeldahl method and lipids were determined in Soxhlet extractor. Total dietary fiber was determined by gravimetric non enzymatic method and carbohydrates were calculated by difference using the formula: (100 - % moisture - % fat - % protein - % of total dietary fiber - % ash). Total energy value was estimated considering the conversion factors of 4 kcal.g<sup>-1</sup> for protein and carbohydrate and 9 kcal.g<sup>-1</sup> for lipids. Analyses of vitamin C and carotenoids were performed by high performance liquid chromatography (HPLC) with UV-visible detection (diode array detector) and vitamin E and folate by HPLC with fluorescence detection. Araçá, buriti, murici and tamarind pulp yield were 81.43 %, 22.75 %, 79.04 % and 52.21 %, respectively. The content of soluble solids in fruits ranged from 7.03 to 44.00 °Brix (araçá and tamarind, respectively). Content of acidity was higher in tamarind pulp (18.52 g citric acid.100 g<sup>-1</sup>). The pH of the fruits ranged from 2.95 to 3.93 (tamarind and murici, respectively). Moisture was lower in tamarind pulp (35.65 g/100 g) and highest in araçá pulp (77.46 g.100 g<sup>-1</sup>). Protein content ranged from 1.26 to 12.39 g.100 g<sup>-1</sup> (murici and tamarind, respectively). Lipid content of the pulps was lower for araçá (1.07 g.100 g<sup>-1</sup>) and higher for buriti (12.13 g.100 g<sup>-1</sup>). Total

dietary fiber content ranged from 4.14 g.100 g<sup>-1</sup> (tamarind) to 13.58 g.100 g<sup>-1</sup> (murici). Carbohydrate content ranged from 2.10 g.100 g<sup>-1</sup> in buriti pulp to 50.40 g.100 g<sup>-1</sup> in tamarind pulp. Total energy was lower in araçá (43.19 kcal.100 g<sup>-1</sup>) and higher in tamarind (273.01 kcal.100 g<sup>-1</sup>). The higher content of carotenoids was found in buriti (23.94 mg.100 g<sup>-1</sup>). Buriti and murici showed the highest vitamin C content (59.94 mg.100 g<sup>-1</sup> and 27.24 mg.100 g<sup>-1</sup>, respectively). Content of vitamin E was higher in buriti, with 6470.74 µg.100 g<sup>-1</sup> and was representative in murici, with 1816.72 µg.100 g<sup>-1</sup>. We observed the presence of folate in the fruits of araçá (244.08 µg.100 g<sup>-1</sup>), buriti (53.08 µg.100 g<sup>-1</sup>) and tamarind (59.35 µg.100 g<sup>-1</sup>). The fruits of the Cerrado of Minas Gerais analyzed showed excellent nutritional value, some of which are important sources of macronutrients and total dietary fiber, lipids and carbohydrates, and micronutrients such as carotenoids and vitamins and can be classified as a source (tamarind: vitamin C and folate for children), good source (araçá: folate) and excellent source (buriti: Vitamin A, vitamin C and vitamin E and murici: vitamin C) by eating just one serving of fruit. Thus, the intake of araçá, buriti, murici and tamarind showed to be an alternative to feed populations in social vulnerability that inhabit the Cerrado of Minas Gerais, which can be a tool for achieving food and nutrition security and prevention of various nutritional deficiencies. Given its potential, the consumption of these fruits should be encouraged in other regions. Furthermore, the results can contribute to enable the development of nutritional products studied using the fruits, and so enable the implementation technology social Cerrado through a sustainable agriculture.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é considerado o maior bioma de Minas Gerais, abrangendo grande parte do estado, principalmente nas porções norte e oeste, e o segundo do Brasil, perdendo em tamanho somente para a Floresta Amazônica. Possui uma área superior a dois milhões de quilômetros quadrados, o que representa aproximadamente 22 % do território nacional, distribuindo-se predominantemente pelos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Rondônia e São Paulo (PROENÇA et al. 2000; MELCHIOR, 2006).

No entanto, nas últimas décadas, o Cerrado Brasileiro tem sofrido intensa degradação, de forma que a expansão agrícola, com extensas pastagens e grandes monoculturas, despreza a vegetação nativa e colabora com a redução da cobertura original, contribuindo assim com a redução de sua biodiversidade (MMA, 2004). Segundo, a ONG *Conservation International*, o Cerrado é considerado um *hotspot*, ou seja, um dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta (MITTERMEIER et al. 2004).

Como bioma mais característico do Brasil, o Cerrado destaca-se pela riqueza de sua biodiversidade, devido à sua extensa área que abriga uma grande variedade de ambientes, pela posição geográfica privilegiada, seu potencial hídrico, com a presença de inúmeras nascentes e cursos de água que alimentam as grandes bacias do país, e também por sua heterogeneidade vegetal, com inúmeras espécies nativas pouco conhecidas (COSTA; VIEIRA, 2004).

As espécies nativas do Cerrado Brasileiro podem contribuir com o fornecimento de frutos de elevado valor nutricional. Apresentam-se como potenciais fontes de macro e micronutrientes como fibras, carboidratos, lipídios, carotenóides e vitaminas podendo contribuir de forma representativa no alcance de uma alimentação saudável. Além disso, possuem características peculiares como formas variadas, cores fortes, sabores *sui generis* e aspectos sensoriais intensos que tornam seu consumo atrativo (RODRIGUES, 2004; VIEIRA et al. 2006). Dessa forma, podem contribuir para a realização do direito à alimentação adequada e garantia da

Segurança Alimentar e Nutricional de famílias residentes no Cerrado Brasileiro que frequentemente encontram-se em vulnerabilidade social.

O conhecimento das características físicas e da composição química de espécies frutíferas também é fundamental para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, para viabilizar a fabricação de produtos de qualidade e para boa aceitação pelo consumidor. A qualidade dos frutos é atribuída pelas características físicas que estão relacionadas ao conjunto de atributos referentes à aparência, sabor, odor, textura e valor nutricional (OLIVEIRA et al. 1999).

Em destaque, as espécies frutíferas do Cerrado podem ser potenciais fontes de carotenóides e vitaminas contribuindo, assim, para uma menor incidência e mortalidade por diversas doenças crônicas não transmissíveis, devido principalmente à ação antioxidante desses compostos.

Os carotenóides devido à sua larga distribuição, diversidade estrutural e funcional, constituem um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais, responsáveis pelas cores de alimentos (MALDONADO-ROBLEDO et al. 2003). Atualmente, já se conhecem mais de 600 carotenóides, dos quais apenas vinte estão presentes em tecidos e plasma humano (ZERAİK; YARIWAKE, 2008).

O consumo de frutas contendo carotenóides é importante devido ao papel que esses nutrientes desempenham, no organismo humano, diminuindo o risco de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis, prevenção da formação de catarata, pela ação inibidora nas mucosas contra úlceras gástricas, na atuação sobre o sistema imune e redução da degeneração macular relacionada ao envelhecimento (TAPIERO et al. 2004; MORAIS, 2006; DELLA LUCIA et al. 2008; MURSU et al. 2008). Além disso, pode prevenir a hipovitaminose A, um problema de saúde pública identificado no Brasil, com alta prevalência em diferentes faixas etárias e principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, sendo a população infantil do Nordeste a mais vulnerável ao problema (RAMALHO et al. 2002; MILAGRES et al. 2007).

A vitamina C é encontrada principalmente em produtos de origem vegetal, como frutas cítricas e hortaliças (ZHANG; HAMAUZU, 2004). É

definida como um termo genérico para todos os componentes que exibem atividade biológica de ácido L-ascórbico (AA) (LEE; KADER, 2000). A vitamina C pode ser encontrada na natureza de duas formas: na forma reduzida (ácido L-ascórbico) ou na forma oxidada (ácido desidroascórbico-ADA). As duas possuem atividade vitamínica, sendo que a transformação do AA em ADA é reversível e ocorre no interior do organismo (DEUTSCH, 2000; TAVARES et al. 2000; NAIDU, 2003). Essa vitamina se destaca pela sua grande importância na nutrição humana (DELLA LUCIA et al. 2008), sendo uma de suas principais funções no organismo a atividade antioxidante, que pode prevenir o desenvolvimento de patologias como câncer e doenças cardiovasculares (LEE; KADER, 2000; ROSA et al. 2007). A vitamina C também está relacionada à formação do colágeno, redução do nível de colesterol plasmático, inibição da formação de nitrosaminas, e conversão de dopamina em norepinefrina, possuindo também ação positiva sobre a absorção de ferro de origem vegetal. A ingestão de alimentos fontes de vitamina C pode auxiliar no aumento da absorção e biodisponibilidade do ferro não-heme, podendo contribuir para a prevenção de anemias (COSTA et al. 2001).

A vitamina E é constituída por oito compostos lipossolúveis representados por  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferóis e  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienóis (BIANCHINI; PENTEADO, 2003; CHUN et al. 2006). São encontrados principalmente em alimentos de origem vegetal, como frutas, hortaliças verde-escuras, sementes oleaginosas, óleos vegetais e gérmen de trigo. A ocorrência dos compostos se diferencia nos alimentos, sendo o  $\alpha$ -tocoferol o de maior predominância (SETIADA et al. 2003).

Os oito diferentes compostos da vitamina E apresentam diferentes potenciais antioxidantes os quais impedem as reações em cadeia dos radicais livres, protegendo membranas citoplasmáticas da oxidação, além de reduzir o risco de progressão de diversos tipos de câncer, bem como de lesões pré-cancerosas (BUSTAMANTE-RANGEL et al. 2007).

Folatos são compostos em sua maioria derivados de poliglutâmicos, que nos alimentos podem apresentar-se em diversas formas (MCKILLOP et al. 2002). As formas naturais de folatos predominantes nos alimentos são o

tetraidrofolato (THF), 5-metiltetraidrofolato (5-MTHF) e o 5-formiltetraidrofolato (5-FTHF) (RUGGERI et al. 1999). Suas principais fontes são as hortaliças verde-escuras, como espinafre, brócolis, couve manteiga e couve de Bruxelas, couve-flor, aspargos, milho e frutas cítricas (GONZÁLEZ; GARCIA, 2003).

Uma das funções dos folatos no organismo humano está relacionada com seu envolvimento nas reações de transferência de carbono, como cofatores, atuando no ciclo de biossíntese de DNA e no ciclo de metilação (SCOTT et al. 2000; TRUMBO, 2003). Além disso, o THF juntamente com a vitamina B<sub>12</sub> são necessários para a conversão de homocisteína a metionina. Esta reação é de extrema importância para o sistema cardiovascular, dado que a hiperhomocisteinemia pode causar lesões nos vasos sanguíneos, podendo levar à arteriosclerose vascular e trombose (MALINOW, 1998). A deficiência de folatos é a principal causa da incidência de má formações congênitas, podendo também levar à anemia megaloblástica, visto que os folatos participam na produção normal das hemácias (DIERKES, 1998; SCOTT et al. 2000).

Diante da escassez de dados na literatura sobre as potencialidades dos frutos nativos do Cerrado, especialmente como fontes de carotenóides e vitaminas, o objetivo desse estudo foi avaliar as características físicas, químicas, a ocorrência e o teor de carotenóides, vitamina C, vitamina E e folatos e categorizar o valor nutricional de frutos de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado de Minas Gerais, consumidos pela população nativa e pouco conhecidos cientificamente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar variáveis físicas e químicas, a ocorrência e o teor de carotenóides, vitamina C, vitamina E e folatos em frutos do Cerrado de Minas Gerais.

## **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar a caracterização física de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado de Minas Gerais;
- ✓ Avaliar a composição química e físico-química dos frutos;
- ✓ Identificar a ocorrência e o teor de vitamina C nos frutos;
- ✓ Identificar a ocorrência e os teores de carotenóides nos frutos;
- ✓ Identificar a ocorrência e os teores de vitamina E nos frutos.
- ✓ Investigar a ocorrência e os teores de folatos nos frutos;
- ✓ Categorizar o valor nutricional dos frutos conforme as recomendações nutricionais.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Frutos**

Foram utilizados os frutos araçá (*Psidium firmum* O. Berg), buriti (*Mauritia flexuosa* L.), murici (*Byrsonima verbascifolia*) e tamarindo (*Tamarindus indica* L.) oriundos de áreas de vegetação nativa com formação típica do Cerrado localizadas na região norte e central do estado de Minas Gerais, Brasil. O araçá foi coletado no município de Diamantina (latitude sul 18° 14' e longitude oeste 43° 36'). O buriti e murici foram coletados no município de Januária (latitude sul 15° 29' e longitude oeste 44° 21'). O tamarindo foi coletado no município de Curvelo (latitude sul 18° 45' e longitude oeste 44° 25').

### **3.2. Equipamentos**

Para o preparo das amostras, caracterização física, análises químicas, extração de carotenóides e vitaminas e preparo da fase móvel foram utilizados: processador doméstico de alimentos (Faet Multipratic, MC5), balança semi-analítica (Gehaka, BG 2000), câmera fotográfica digital (Sony Ericsson, DSC-W320), paquímetro (Mitutoyo), refratômetro digital de

bancada (Instrutherm, RTP-45), pHmetro (Hexis, UB10), extrator Soxhlet (Eletrothermo, 500WX), mufla (Quimis), destilador de nitrogênio (Solab), bloco digestor (Gerhardt, Kjeldatherm), microtritador (Marconi, MA 102), bomba de vácuo (Tecnal, TE-058), compressor aspirador (Fanem, BF-519), centrífuga (Excelsa Baby II, com cruzeta angular 4 x 100 mL, Fanem, 206-R), centrífuga Microprocessada (Quimis, Q222E12), agitador magnético (Marconi, MAO 89), banho metabólico (Marconi, MAO93), evaporador rotativo (Biothec, BT 351), estufa (Brasdonto, M4), estufa (Nova Ética), espectrofotômetro (Thermo Scientific, Evolution 60S), bomba peristáltica (Pharmacia Biotech, P1), sistema de filtração para fase móvel (All Glass), sistema de ultrapurificação de água (Millipore, Direct Q UV 3) e degaseificador ultrassônico (Odontobrás, T-14).

Para análise de carotenóides e vitamina C foi utilizado um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (Shimadzu, SCL 10AT VP) composto de bomba de alta pressão (LC-10AT VP), injetor automático com alça de amostragem de 50 µL (SIL-10AF) e detector de arranjo de diodos (DAD) (SPD-M10A). Para análise de folatos e vitamina E foi empregado um sistema CLAE (Shimadzu, SCL-10AD VP) composto de bomba de alta pressão com válvula para gradiente quaternário de baixa pressão (LC-10AD VP), injetor automático com alça de amostragem de 50 µL (SIL-10AF), sistema de degaseificação de fase móvel com gás hélio (DGU-2 A) e detector de fluorescência (RF 10AXL). Os sistemas CLAE foram controlados pelo *software Multi System, Class Vp 6.12*.

### **3.3. Reagentes e outros materiais**

Para realização das análises químicas e preparo dos extratos de carotenóides e vitaminas foram utilizados os seguintes reagentes grau analítico: acetato de etila, butilhidroxitolueno (BHT), Celite<sup>®</sup>, éter etílico, fosfato de sódio monobásico (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) e isopropanol (Synth, Brasil); hexano, éter de petróleo e acetona (Impex, Brasil); cloreto de sódio, metanol, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, sulfato de sódio anidro, óxido de magnésio, 2-mercaptoetanol e ácido metafosfórico (AMP) (Vetec, Brasil);



ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Mallinckrodt, USA); tampão Trizma (Nuclear, Brasil); sal etilenodiaminotetraacético (EDTA) e ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) (Proquímios, Brasil); acetato de sódio (Chemco, Brasil) e Q-Sepharose *Fast Flow* (Pharmacia, EUA).

Na análise dos carotenóides e vitaminas foram utilizados reagentes grau HPLC: hexano, isopropanol, acetato de etila, metanol e acetonitrila (Tedia, Brasil); ácido acético glacial (Vetec, Brasil); ditioneitol (DTT) (Sigma-Aldrich, Alemanha). A água ultrapura foi produzida em sistema de ultra-purificação. Para a filtração das amostras utilizou-se papel de filtro n° JP41 J. (Prolab, Brasil), seringas descartáveis esterilizadas de 3 mL (TKL, China), unidades filtrantes HV Millex, em polietileno, 0,45 µm de porosidade (Millipore, Brasil).

Os padrões de vitamina E (α-, β-, γ- e δ-tocoferóis e α-, β-, γ- e δ-tocotrienóis) foram adquiridos da Calbiochem<sup>®</sup>, EMD Biosciences, Inc. (EUA). O ácido L-ascórbico foi adquirido da Sigma-Aldrich<sup>®</sup> (Alemanha). Os padrões de folatos utilizados foram (6S)-5,6,7,8-tetraidrofolato de sódio (THF), (6S)-5-metil-5,6,7,8-tetraidrofolato de sódio (5-MTHF) e (6S)-5-formil-5,6,7,8-tetraidrofolato de sódio (5-FTHF), cedidos gentilmente pela Merck-Eprova<sup>®</sup> (Suíça).

Padrões de α-caroteno e β-caroteno foram isolados de extrato concentrado de cenoura; β-criptoxantina e licopeno foram isolados de extratos de mamão e tomate, respectivamente por cromatografia em coluna aberta (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

### **3.4. Coleta e amostragem**

A coleta dos frutos foi feita de forma aleatória em suas respectivas época de safra (araçá: dezembro de 2010 a março de 2011; buriti: maio a agosto de 2011; murici: novembro de 2010 a março de 2011 e tamarindo: outubro a dezembro de 2010). A obtenção de cinco repetições de cada fruto foi realizada com a divisão da área de coleta em cinco sub-áreas, sendo coletado aproximadamente 2 kg de araçá, 8 kg de buriti, 4 kg de murici e 4 kg de tamarindo.

Por apresentar casca frágil e altamente susceptível a injúrias, o araçá e o murici foram coletados diretamente da árvore. O buriti e tamarindo foram coletados após a queda natural dos frutos. Araçá, murici e tamarindo foram transportados do local de coleta para o laboratório em caixas de isopor e buriti foi transportado em sacos plásticos, via terrestre, em um período máximo de até 48 horas após a coleta.

### **3.5. Obtenção das polpas e preparo das amostras**

Os frutos de araçá, buriti, murici e tamarindo foram selecionados quanto ao grau de maturação, com base nos parâmetros de cor e textura característicos dos frutos. Para araçá e murici foram considerados frutos maduros aqueles que apresentaram casca predominantemente amarela e textura macia; para buriti aqueles com casca de coloração marrom avermelhada e para tamarindo os frutos com casca mais frágil que se quebravam com facilidade.

Os frutos morfologicamente perfeitos e com maturação completa foram lavados em água corrente para eliminação de sujidades superficiais provenientes do local de coleta e secos em papel toalha.

A polpa do araçá foi obtida pela retirada da casca com auxílio de uma faca doméstica. A polpa do buriti foi separada manualmente da casca e semente com auxílio de uma faca doméstica após dois dias submersos em água para amolecimento da casca. A polpa do murici, juntamente com a casca, foi separada da semente com auxílio de uma faca doméstica. A casca do tamarindo foi retirada manualmente e as sementes foram separadas da polpa com auxílio de uma faca doméstica.

Após obtenção da polpa *in natura* dos frutos, a mesma foi homogeneizada em processador de alimentos, acondicionada em sacos de polietileno, identificada, envolvida em papel alumínio e armazenada, por no máximo 4 dias, a  $-18 \pm 1$  °C para análise de carotenóides e vitaminas.

### **3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, representada pelos cinco lotes de cada fruto, para análise do conteúdo de carotenóides e vitaminas e com três repetições para análise física e composição química. Os dados foram armazenados em planilhas utilizando o programa *Microsoft Office Excel*, versão 2007. Para verificar a existência de diferenças entre os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de variância. Para comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o *software SAS (Statistical Analysis System)*, versão 9.2 (2008), licenciado para a UFV.

### **3.7. Caracterização física**

De acordo com as características de cada espécie e com auxílio de um paquímetro digital foram realizadas medidas individuais em 30 frutos de cada espécie. Foram avaliados o diâmetro e a altura do araçá, buriti e murici; e o comprimento, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal do tamarindo.

A massa dos frutos (MF), polpa (MP), casca (MC) e semente (MS) foram obtidas por pesagem direta individual em balança semi-analítica. O rendimento da polpa foi calculado utilizando-se a fórmula  $(MP / MF) \times 100$ .

### **3.8. Análises físico-químicas e químicas**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Vitaminas (LAV) e as análises químicas foram feitas no Laboratório de Análises de Alimentos (LANAL) do Departamento de Nutrição e Saúde (DNS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A determinação de acidez titulável, sólidos solúveis e pH foi realizada conforma metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005); umidade, cinzas, proteínas, lipídios foram analisados de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (1998) e a determinação de fibra alimentar total

foi feita pelo método gravimétrico não-enzimático conforme método de Li & Cardoso, modificado por Guerra et al (2004). Para cada parâmetro avaliado foram realizadas 3 repetições.

### **3.8.1. Análises físico-químicas**

#### **3.8.1.1. Determinação da acidez titulável**

A determinação do teor de acidez titulável foi realizada por meio da volumetria de neutralização, utilizando solução padrão de hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  na presença de solução de 1 % de fenolftaleína ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ ) em etanol, como indicador.

Pesou-se 1 g de polpa de cada fruto em erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, adicionou-se ao erlenmeyer 50 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína 1 %. A mistura obtida foi então titulada com solução padrão de hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  até a obtenção da coloração rosa, utilizando o branco como padrão (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

#### **3.8.1.2. Determinação do pH**

Através da medida direta de pH, foi determinado o potencial hidrogeniônico da polpa de cada fruto, utilizando-se um potenciômetro calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7.

Para análise foram preparados extratos contendo 10 g das amostras e 100 mL de água destilada. Posteriormente agitou-se o extrato por 30 minutos, em banho metabólico a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após repouso de 10 minutos, para decantação, foi realizada a leitura do pH do sobrenadante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

#### **3.8.1.3. Determinação dos sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis foi determinado através do índice de

refração, utilizando um refratômetro portátil. O equipamento foi calibrado com água destilada, fazendo a correção do Brix para a temperatura ambiente.

Antes da análise, alíquotas de aproximadamente 15 g de polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo foram centrifugadas a 4000 rpm (1789 g) por 15 minutos, para a obtenção do sobrenadante. Para o tamarindo, foi adicionada aos 15 g de polpa e 20 mL de água destilada. Posteriormente, a mistura foi homogeneizada por 15 minutos para dissolução dos sólidos presentes na polpa, e centrifugada a 4000 rpm (1789 g) por 15 minutos.

Duas gotas do sobrenadante foram transferidas para o refratômetro para determinação do teor de sólidos solúveis. Para a polpa de tamarindo o teor obtido foi corrigido considerando a diluição da polpa realizada para obtenção do sobrenadante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

### **3.8.2. Análises químicas**

#### **3.8.2.1. Determinação da umidade**

A umidade dos frutos foi determinada segundo técnica gravimétrica, com emprego do calor em estufa com circulação forçada de ar.

Foram pesados, em placa de *petri* previamente seca em estufa a temperatura de  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ , 10 gramas de polpa araçá, buriti, murici e tamarindo. As placas contendo as amostras foram submetidas ao calor da estufa a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ , até a obtenção de massa constante, determinada em balança semi-analítica (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998).

#### **3.8.2.2. Determinação de fibra alimentar total**

A determinação de fibra alimentar total foi feita pelo método gravimétrico não-enzimático de acordo com o método de Li & Cardoso, modificado por Guerra *et al.*, (2004). Para análise foram utilizadas polpas

dos frutos desidratadas e desengorduras. Pesou-se 500 mg das amostras em um béquer de 250 mL, adicionou-se 20 mL de água deionizada, com posterior homogeneização até dissolução completa das amostras. A mistura foi mantida por 90 minutos sob agitação em banho maria a  $37 \pm 1$  °C, para dissolução completa da amostra.

Em seguida, 100 mL de etanol 95 % aquecido a  $65 \pm 1$  °C foram adicionados à amostra, sendo a mistura deixada por 1h em agitação e resfriada por 90 minutos em temperatura ambiente. Após o resfriamento, a amostra foi filtrada sob vácuo em cadinho de vidro tipo Gooch contendo 500 mg de Celite<sup>®</sup> previamente seca a  $105 \pm 1$  °C, por 12 horas.

O resíduo retido no cadinho foi lavado por duas vezes com 20 mL de etanol 78 % (v/v), uma vez com 10 mL de etanol 95% e uma vez com 10 mL de acetona. O resíduo lavado foi seco em estufa a  $105 \pm 1$  °C, por 12h e, em seguida, resfriado, em dessecador, e pesado em balança analítica.

Posteriormente, o resíduo seco foi homogeneizado em almofariz sendo então determinado o conteúdo de cinzas e proteínas conforme descrito nos itens 3.8.2.4 e 3.8.2.5, respectivamente. O conteúdo de fibra alimentar total foi calculado por meio da fórmula:  $(Pr - (P + A) / 100 \times Pr) \times 100 / Pa$ ; onde Pr = peso do resíduo em mg; P =% de proteína no resíduo; A =% de cinza no resíduo e Pa = mg amostra.

### **3.8.2.3. Determinação de lipídios**

Para a determinação do teor de lipídios foi utilizado um aparelho extrator Soxhlet e balões isentos de lipídios, secos em estufa a  $105 \pm 1$  °C. Os balões foram mantidos em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados em balança semi-analítica.

Para análise, 6 g de polpa desidratada foram pesadas e adicionadas em cartuchos preparados com papel-filtro. Os cartuchos foram adaptados ao aparelho e, em seguida, adicionou-se como solvente em cada balão aproximadamente 120 mL de éter etílico. A extração dos lipídios foi realizada por um período de 6 horas em temperatura de  $95 \pm 1$  °C. Após a destilação, os balões foram secos em estufa a  $105 \pm 1$  °C até a obtenção de massa

constante (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998).

#### **3.8.2.4. Determinação de cinzas totais**

Foram pesados, em balança analítica, cadinhos de porcelana previamente secos em mufla a 550 °C. Em seguida, foram adicionados aproximadamente 2 g de amostra seca. Foi realizada uma carbonização lenta da amostra em chapa elétrica, para a exalação dos vapores, aumentando a temperatura em 50 °C, a cada intervalo de 5 minutos, até atingir 300 °C, permanecendo nesta durante 30 minutos. As amostras foram levadas para mufla a 550 °C até a obtenção de peso constante e de cinzas claras ou levemente acinzentadas.

As amostras foram resfriadas, por 30 minutos, em dessecador contendo sílica gel até atingir temperatura ambiente, para posterior pesagem em balança analítica (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998).

#### **3.8.2.5. Determinação de proteínas**

A determinação de proteínas foi realizada utilizando os equipamentos de digestão, destilação e titulação de Kjeldahl. Foram pesados em papel-manteiga, 1 g de mistura catalisadora constituída de 94 % de sulfato de potássio, 5 % de sulfato de cobre, 1 % de selênio e 1 g de cada amostra seca. Posteriormente, a amostra e a mistura catalisadora foram transferidas para tubos de digestão e, na capela de exaustão, foram adicionados 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Depois de vedados, os tubos foram levados ao bloco digestor. Os sistemas de digestão e exaustão foram acionados, aumentando a temperatura, a cada 10 minutos, de 50 °C em 50 °C até atingir 350 °C.

Após a digestão da amostra, os tubos foram levados ao aparelho de destilação. Nesta etapa, foram adicionados lentamente, 10 mL de NaOH 50%, através do funil do aparelho, até a mistura apresentar uma coloração preta.

Em um erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 10 mL de solução de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e solução indicadora composta de 1 % de verde de bromocresol e 1 % de vermelho de metila em etanol para ser conectado ao condensador do aparelho. A destilação foi efetuada até obtenção de 75 mL de solução de coloração roxa.

A solução obtida durante a destilação foi titulada com solução HCl  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$  até o ponto de viragem do indicador de fenolftaleína (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998).

#### **3.8.2.6. Cálculo do teor de carboidratos**

O conteúdo de carboidratos foi calculado por diferença por meio da fórmula:  $100 - \% \text{ umidade} - \% \text{ lipídios} - \% \text{ fração proteica} - \% \text{ fração fibra alimentar} - \% \text{ cinzas}$  (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998).

#### **3.8.2.7. Estimativa do valor energético total**

O valor energético total da polpa foi estimado utilizando-se os valores de conversão para carboidratos ( $4,0 \text{ kcal.g}^{-1}$ ), lipídios ( $9,0 \text{ kcal.g}^{-1}$ ) e proteínas ( $4,0 \text{ kcal.g}^{-1}$ ) (BRASIL, 2004).

### **3.9. Determinação de carotenóides e vitaminas**

As análises de carotenóides e vitaminas foram realizadas no Laboratório de Análise de Vitaminas (LAV) do DNS/UFV. Foram utilizadas 5 repetições para extração e análise.

Durante as etapas de extração, as amostras e os extratos foram mantidos sob proteção da luz solar e artificial pela utilização de vidrarias âmbar, papel alumínio e cortinas do tipo *blackout*, e sob proteção do oxigênio por meio da utilização de tampas e de ambiente com gás nitrogênio nas vidrarias.



### 3.9.1. Extração e análise de carotenóides

Foram investigadas a ocorrência e o conteúdo de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e licopeno nas polpas dos frutos. Nos frutos do araçá, buriti e murici, os carotenóides foram extraídos segundo o método proposto por Rodriguez-Amaya et al. (1976), com modificações. Cerca de 5 g de polpa dos frutos foram pesados, adicionados de 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL), homogeneizados em microtritador, por aproximadamente 3 minutos, e filtrados à vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido, em três frações, para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo resfriado, sendo cada fração lavada com água destilada para retirada total da acetona. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material. Posteriormente, o extrato em éter foi concentrado utilizando evaporador rotativo em temperatura de  $35 \pm 1$  °C, transferido para balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Em tamarindo a análise de carotenóides foi feita segundo o método de extração proposto por Rodriguez-Amaya (1999), com modificações. Cerca de 10 g de amostra foram pesados e misturados com 5 g de celite em almofariz, adicionados de 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL), homogeneizados manualmente com auxílio de pistilo por aproximadamente 5 minutos, e filtrados à vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido, em três frações, para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo resfriado, sendo cada fração lavada com água destilada para retirada total da acetona. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material. Posteriormente, o extrato foi concentrado utilizando evaporador rotativo em temperatura de  $35 \pm 1$  °C, transferido para balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Para análise, alíquotas de 10 mL do extrato de araçá, murici e tamarindo e 5 mL do extrato de buriti foram evaporadas sob fluxo de gás nitrogênio, sendo o resíduo seco redissolvido em 2 mL de acetona. Os extratos foram filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm, sendo injetados 50 µL para as análises de araçá, murici e tamarindo, e 20 µL para a análise do buriti.

As análises de carotenóides foram realizadas por CLAE, sendo utilizadas as condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana et al. (1998), com modificações: sistema CLAE-DAD; coluna cromatográfica (RP-18 Phenomenex Gemini, 250 x 4,6 mm, 5 µm), munida de coluna de guarda (Phenomenex ODS (C18), 4 mm x 3 mm); fase móvel composta de metanol: acetato de etila: acetonitrila (70:20:10, v/v/v), com fluxo de mL.min<sup>-1</sup> e tempo de corrida de 15 minutos. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm.

O valor de vitamina A foi calculado segundo as recomendações do Institute of Medicine (2001) em que 1 Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) equivale a 1 µg de retinol; 6 µg de β-caroteno; 12 µg de outros carotenóides pró-vitamínicos.

### **3.9.2. Extração e análise de vitamina C**

Foi investigado o conteúdo de AA e ADA nas polpas dos frutos. A extração e análise do AA foram realizadas de acordo com as condições propostas por Campos et al. (2009), com modificações. Para extração, cerca de 5 g de polpa dos frutos foram triturados, por aproximadamente 3 minutos, em 15 mL de solução extratora composta por ácido metafosfórico a 3 %, ácido acético a 8 %, ácido sulfúrico (0,3 N) e EDTA (1 mM). O preparo de 100 mL de solução extratora foi realizado da seguinte forma: 3 g de AMP foram dissolvidos em pequena quantidade de água ultrapura (cerca de 10 mL); 0,0294 g de EDTA foram dissolvidos em pequena quantidade de água ultrapura (cerca de 10 mL); 8 mL de ácido acético foram adicionados a balão volumétrico de 100 mL contendo cerca de 30 mL de água ultrapura; o AMP e o EDTA dissolvidos foram adicionados ao balão volumétrico e os bequers

em que estes foram dissolvidos foram enxaguados com água ultrapura e esta água adicionada ao balão; 0,8 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 90 % foram adicionados lentamente ao balão volumétrico; por último completou-se o volume para 100 mL de solução.

O extrato obtido foi centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, filtrado à vácuo em papel de filtro e funil de Büchner e diluído para 25 mL, em balão volumétrico, com água ultrapura. Posteriormente, o extrato foi novamente centrifugado a 14000 rpm (21.913 g), por 5 minutos e o sobrenadante acondicionado sob refrigeração ( $5 \pm 1$  °C) até o momento da análise.

A conversão do ADA a AA foi realizada conforme Campos et al. (2009). Uma alíquota de 1,0 mL de extrato obtido na etapa anterior foi pipetada em um frasco âmbar. Foram adicionados 0,8 mL de solução tampão Trizma 1,2 M (pH 9,0) contendo 40 mM de DTT, para elevar o pH para próximo da neutralidade, ao extrato de araçá; 1,2 mL ao extrato de buriti; 1,0 mL ao extrato de murici e 2,0 mL ao extrato de tamarindo. Para reação de conversão do ADA a AA, os extratos foram mantidos por 10 minutos em repouso, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Posteriormente, foi adicionado H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,4 mM aos extratos, para reduzir o pH, sendo utilizados 0,4 mL para o extrato de araçá, 0,6 mL para buriti, 0,5 mL para murici e 0,9 mL para tamarindo.

As análises por CLAE foram realizadas a partir da injeção de 30 µL para o extrato de buriti e 50 µL para os outros extratos previamente filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm.

Para análise do AA as condições cromatográficas utilizadas foram: coluna cromatográfica RP-18 (Lichrospher 100, 250 x 4 mm, 5 µm); sistema CLAE-DAD, fase móvel – água ultrapura contendo 1 mM de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1mM de EDTA e pH ajustado para 3,0 com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; fluxo da fase móvel de 1,0 mL.min<sup>-1</sup>. Os cromatogramas foram obtidos a 250 nm (CAMPOS et al. 2009). O conteúdo de ADA foi calculado por meio da fórmula: conteúdo de AA após a conversão – conteúdo de AA antes da conversão.

### 3.9.3. Extração e análise de vitamina E

Foi investigada a ocorrência e o conteúdo dos oito componentes da vitamina E ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferóis e  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienóis) nas polpas dos frutos. O processo de extração foi realizado de acordo com Pinheiro-Sant'Ana et al. (2011). Foram pesados em torno de 10 g de cada amostra e adicionados 4 mL de água ultrapura aquecida (aproximadamente  $80 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Em seguida, acrescentou-se 10,0 mL de isopropanol; 1,0 mL de hexano contendo 0,05 % de BHT e 5 g de sulfato de sódio anidro. Aos poucos, adicionou-se 25 mL da mistura solvente de extração (hexano: acetato de etila, 85:15, v/v). Após esses procedimentos, a amostra foi triturada utilizando-se microtritador, em velocidade média, durante um minuto. Uma vez trituradas, as amostras foram filtradas à vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro e mantendo o resíduo no tubo de extração. A etapa de extração foi repetida, adicionando-se 5 mL de isopropanol e 30 mL da mistura solvente, com posterior homogeneização e filtração à vácuo. Em seguida, o extrato foi concentrado em evaporador rotativo a  $70 \pm 1^\circ\text{C}$  por cerca de dois minutos, transferido para balão volumétrico e o volume completado para 25,0 mL com mistura solvente.

Após a extração, alíquotas de 5,0 mL do extrato dos frutos foram secas em gás nitrogênio, redissolvidas em 2,0 mL de hexano grau HPLC e filtradas utilizando-se unidades filtrantes com porosidade de 0,45  $\mu\text{m}$ .

As análises dos diferentes componentes da vitamina E foram realizadas por CLAE com injeção de 20  $\mu\text{L}$  do extrato de araçá, 2  $\mu\text{L}$  do extrato de buriti, 10  $\mu\text{L}$  do extrato de murici e 50  $\mu\text{L}$  do extrato de tamarindo.

As condições cromatográficas utilizadas para análise foram as desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana et al. (2011), as quais incluíram: sistema CLAE; detector de fluorescência (290 nm de excitação e 330 nm de emissão); coluna cromatográfica LiChrosorb (Si60 Phenomenex 250 x 4 mm, 5  $\mu\text{m}$ ) munida de coluna de guarda (Phenomenex sílica, 4 mm x 3 mm); fase móvel – hexano: isopropanol: ácido acético glacial (98,9:0,6:0,5, v/v/v); fluxo da fase móvel: 1,0 mL.min<sup>-1</sup>. O conteúdo total de vitamina E nos frutos foi calculado pela soma dos componentes da vitamina E identificados.

### 3.9.4. Extração e análise de folatos

Foi investigada a ocorrência e o teor de três formas de folatos (THF, 5-MTHF e 5-FTHF) na polpa dos frutos. Os processos de extração, purificação e desconjugação dos folatos foram realizados de acordo com Della Lucia et al. (2011), com algumas modificações conforme descrito a seguir. Cerca de 5 g de polpa dos frutos foram triturados em 20 mL de solução tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0, contendo AA 1 % e 2-mercaptoetanol 0,1 %. O extrato obtido foi centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, filtrado à vácuo em papel de filtro e funil de Büchner e diluído para 25 mL, em balão volumétrico, com água ultrapura. Em seguida, o extrato foi aquecido por aproximadamente 12 minutos em banho-maria a  $100 \pm 1$  °C e resfriado em banho de gelo, até temperatura inferior a  $37 \pm 1$  °C. O extrato resfriado foi centrifugado novamente a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, e submetido à desconjugação de poliglutamatos à monoglutamatos.

Para desconjugação, adicionou-se 100 µL de plasma de rato contendo a enzima conjugase ( $\gamma$ -glutamil carboxipeptidase) a 3,0 mL de sobrenadante obtido anteriormente e incubou-se o extrato em banho-maria a  $37 \pm 1$  °C por 3 horas. Em seguida, para ocorrer inativação enzimática, os extratos foram aquecidos em água fervente por 5 minutos.

A purificação do extrato foi realizada utilizando-se coluna de troca iônica, com fase estacionária de Q-Sepharose *Fast Flow*. A coluna foi pré-condicionada com metanol e água (1:1) a um fluxo de 2 gotas/segundo. O extrato foi aplicado à coluna a um fluxo de 2 gotas/segundo. Em seguida, a eluição dos folatos retidos foi feita com 1,5 mL de solução de acetato de sódio (0,1 M) contendo NaCl 10 %, AA 1 % e 2-mercaptoetanol 0,1 %. As análises foram realizadas a partir da injeção de 50 µL dos extratos, previamente filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm.

As condições cromatográficas utilizadas foram: sistema CLAE; coluna cromatográfica Shim Pack 100 RP18, 150 mm x 4,6 mm, 4,6 µm (Merck, Alemanha), fase móvel composta por gradiente binário contendo solução tampão fosfato ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  30 mM, pH ajustado para 2,3 com  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) como eluente A e acetonitrila como eluente B. O gradiente realizado foi: de 0 – 5

minutos 94 % do eluente A + 6 % do eluente B; 5 – 25 minutos, gradiente linear para 75 % de A + 25 % de B; 25 – 33 minutos, 75 % de A + 25 % de B; 33 – 35 retorno às condições iniciais seguido de reequilíbrio até 50 min. O fluxo da fase móvel foi de 0,7 mL.min<sup>-1</sup> e a detecção por fluorescência com excitação a 290 nm e emissão a 360 nm. Utilizou-se sistema de degaseificação da fase móvel com gás hélio antes e durante as corridas cromatográficas, sendo a mesma degaseificada por 15 minutos a 100 kpa antes do início das análises e a 50 kpa ao longo das corridas (DELLA LUCIA et al. 2011).

### **3.9.5. Isolamento dos padrões de carotenóides**

Os padrões de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram extraídos de cenoura (*Daucus carota* L.) por cromatografia de coluna aberta (CCA), conforme Rodriguez-Amaya (1989). Cerca de 40 g de cenoura foram triturados em acetona resfriada (350 mL) e transferidos para éter de petróleo (300 mL), conforme o item 3.9.1. O extrato assim obtido foi concentrado em evaporador rotativo a 37 °C por 5 minutos. Para concentrar ainda mais o extrato sem estender o tempo de exposição ao calor foi empregado fluxo de nitrogênio, até obter um volume de cerca de 3 mL. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite<sup>®</sup>(1:2) ativados em estufa a 110°C por quatro horas. Foi empregada coluna de vidro com cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 15 cm de altura. Para que o empacotamento da coluna ocorresse sem a formação de bolhas ou rachaduras que poderiam impedir uma eficiente separação dos padrões, foi aderida em toda a parede externa da coluna, uma gaze umedecida com acetona.

O extrato foi vagorosamente acrescentado no topo da coluna. Após a penetração do extrato na fase estacionária, adicionou-se aos poucos a fase móvel composta por 2 % de éter etílico em éter de petróleo até a separação do  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno. Em seguida, retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro, virando a coluna cuidadosamente ao contrário em uma superfície plana. A fração da coluna contendo o  $\alpha$ -caroteno (cor amarela) e  $\beta$ -caroteno

(cor laranja) foram seccionadas. Para retirada total do  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno da fase estacionária utilizou-se uma solução contendo 5 % de água em acetona e, em seguida, uma solução de 10 % de água em acetona.

Os extratos foram então filtrados à vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. Posteriormente, cada filtrado foi transferido aos poucos para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo refrigerado, para a transferência dos pigmentos da acetona para o éter. O extrato foi lavado com água após a adição de cada parte do filtrado para eliminação de toda a acetona. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar o resíduo de água. Os extratos assim obtidos foram transferidos para frascos de vidro âmbar, secos sob fluxo de nitrogênio, lacrados e armazenados a  $-18 \pm 1$  °C.

Para obtenção do padrão de licopeno, cerca de 40 g de tomate foram utilizados, sendo a extração feita conforme descrito para cenoura. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite<sup>®</sup>(1:1) previamente ativados por 4 horas a  $110 \pm 1$  °C. Foi empregada coluna de vidro de cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 20 cm de altura, recoberta externamente com gaze umedecida em acetona. Foram empregadas fases móveis com concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 5 %) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (5 a 100 %) para separação do carotenóide.

Após a penetração do extrato de carotenóides na fase estacionária adicionou-se cerca de 20 mL de fase móvel (2 % de éter etílico em éter de petróleo) e aguardou-se a sua passagem. Em seguida foi sendo adicionada, aos poucos, fase móvel composta por 5 % de éter etílico em éter de petróleo (20 mL). Após a passagem dessas fases adicionou-se ao topo da coluna fase móvel composta por 2 % de acetona em éter de petróleo (20 mL). Posteriormente adicionou-se gradativamente 20 mL de fases móveis com concentrações crescentes de acetona (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80 e 100 %).

Retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro, deixando-a secar antes e virando cuidadosamente ao contrário em uma superfície plana. A parte da

coluna contendo o licopeno (cor vermelha) foi seccionada e as demais etapas foram iguais às descritas para o  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno.

Para obtenção do padrão de  $\beta$ -criptoxantina, cerca de 80 g de mamão foram preparados conforme descrito para a cenoura e tomate. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite<sup>®</sup>(1:2) previamente ativados por 4 horas a  $150 \pm 1$  °C. Foi empregada coluna de vidro com cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 20 cm de altura, recoberta externamente com gaze umedecida em acetona. Foram empregadas fases móveis com concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 4 %) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (1 a 100 %) para separação da  $\beta$ -criptoxantina, da seguinte forma:

Após a penetração do extrato de carotenóides na fase estacionária adicionou-se cerca de 20 mL de fase móvel (2 % de éter etílico em éter de petróleo) e aguardou-se a sua passagem. Em seguida foi sendo adicionada, aos poucos, fase móvel composta por 4 % de éter etílico em éter de petróleo (20 mL). Após a passagem dessas fases adicionou-se ao topo da coluna outra fase móvel composta por 1 % de acetona em éter de petróleo (20 mL). A concentração de acetona na fase móvel foi aumentada empregando 20 mL de fases móveis contendo 8, 10 e 100 % de acetona. Retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro. A parte da coluna contendo a  $\beta$ -criptoxantina (cor laranja) foi seccionada e as demais etapas foram iguais às descritas para o  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno.

A confirmação da identidade dos padrões obtidos foi realizada baseada nos seguintes parâmetros: ordem de eluição das frações em suas respectivas colunas ( $\alpha$ -caroteno: primeiro;  $\beta$ -caroteno: segundo; licopeno: último e  $\beta$ -criptoxantina: penúltimo); coloração dos pigmentos eluídos (amarelo para o  $\alpha$ -caroteno, laranja para  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina e vermelho para licopeno); tempo de retenção esperado por CLAE e espectros de absorção característicos.



### 3.9.6. Preparo de soluções de padrões de carotenóides e vitaminas

Foram preparadas soluções para cada um dos compostos investigados nas polpas dos frutos ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, licopeno, AA,  $\alpha$ -tocoferol,  $\alpha$ -tocotrienol,  $\beta$ -tocoferol,  $\beta$ -tocotrienol,  $\gamma$ -tocoferol,  $\gamma$ -tocotrienol,  $\delta$ -tocoferol,  $\delta$ -tocotrienol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF) em diferentes concentrações.

A pureza dos padrões de carotenóides e vitaminas foi confirmada por CLAE e a quantificação real realizada por espectrofotometria, baseando-se na absorvância máxima, segundo a lei de Lambert-Beer. Para os padrões de carotenóides, AA e vitamina E utilizou-se a seguinte equação:  $C (\mu\text{g}.\text{mL}^{-1}) = \text{ABS} \times 10^4 / E^{1\%}_{1\text{cm}}$ , onde C = concentração; ABS = absorvância máxima;  $E^{1\%}_{1\text{cm}}$  = coeficiente de absorvância molar. Para os padrões de folatos utilizou-se a seguinte equação:  $\text{ABS} = E^{1\%}_{1\text{cm}} \times C \times L$ , onde ABS = absorvância máxima;  $E^{1\%}_{1\text{cm}}$  = coeficiente de absorvância molar; C = concentração molar; L = largura da cubeta (1 cm).

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de absorvância específicos e os comprimentos de onda utilizados para a determinação da concentração real dos padrões de carotenóides e vitaminas analisados.

Uma vez que os valores específicos para tocotrienóis não são encontrados na literatura, utilizou-se os coeficientes de absorvância molar e os comprimentos de onda máximos de cada composto tocoferol correspondente para cálculo da concentração real do  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienóis, como indicado por Piironen et al. (1984).

**Tabela 1:** Coeficientes de absorvidade molar e comprimentos de onda máximos utilizados para cálculo da concentração real dos carotenóides e vitaminas.

Composto	Solvente	$\lambda_{\text{Max}}$ (nm)	Coeficiente de Absortividade	Referência
$\alpha$ -caroteno	Éter de petróleo	443	2800	(Ball, 1998)
$\beta$ -caroteno	Éter de petróleo	450	2592	(Ball, 1998)
$\beta$ -criptoxantina	Éter de petróleo	449	2386	(Ball, 1998)
Licopeno	Éter de petróleo	469	3450	(Ball, 1998)
AA	Tampão fosfato, pH 2,0	245	560	(Ball, 1998)
$\alpha$ -tocoferol	Etanol a 96%	294	70,8	(Lee et al., 1999)
$\beta$ -tocoferol	Etanol a 96%	297	86,4	(Lee et al., 1999)
$\gamma$ -tocoferol	Etanol a 96%	298	92,8	(Lee et al., 1999)
$\delta$ -tocoferol	Etanol a 96%	298	91,2	(Lee et al., 1999)
THF	Tampão fosfato 0,1M, pH 2,0	297	27	(Blakel, 1969)
5-MTHF	Tampão fosfato 0,1M, pH 2,0	290	32	(Blakel, 1969)
5-FTHF	Tampão fosfato 0,1M, pH 2,0	285	31,5	(Blakel, 1969)

AA: Ácido ascórbico; THF: tetraidrofolato; 5-MTHF: 5-metiltetraidrofolato; 5-FTHF: 5-formiltetraidrofolato.

### 3.9.7. Identificação e quantificação de carotenóides e vitaminas nos frutos

A identificação dos compostos nos frutos foi realizada injetando-se uma mistura de padrões de carotenóides e vitaminas pesquisados e comparando-se os tempos de retenção obtidos para os padrões e para as amostras analisados sob as mesmas condições. Além disso, as formas de folatos e os componentes da vitamina E foram identificados por co-cromatografia e o AA e os carotenóides pela comparação dos espectros de absorção do padrão e dos picos de interesse nas amostras, utilizando-se o DAD.

Para a quantificação dos compostos, foram utilizadas curvas de padronização externas. Foram realizadas diluições apropriadas das soluções

dos padrões a fim de se obter concentrações comparáveis aos teores encontrados nas polpas dos frutos pesquisados.

A construção das curvas analíticas dos diferentes compostos encontrados nos frutos foi realizada por meio de injeção, em duplicata, de seis concentrações crescentes de soluções dos padrões na faixa de 0,013 e 0,393 µg para α-caroteno; 0,003 e 0,112 µg para β-caroteno; 0,004 a 1,433 µg para β-criptoxantina; 0,155 e 7,750 µg para AA; 0,010 e 0,104 ng para α-tocoferol; 0,002 e 0,510 ng para α-tocotrienol; 0,003 e 0,112 ng para o β-tocoferol; 0,017 e 0,170 ng para o β-tocotrienol; 0,003 a 0,104 ng para γ-tocoferol; 0,040 a 46,220 ng para THF; 0,010 a 10,770 ng para 5-MTHF e 0,030 a 33,120 ng para 5-FTHF. Desse modo, foi feita uma correlação linear entre as áreas dos picos e as concentrações injetadas de cada composto.

A quantificação dos compostos encontrados nos frutos foi realizada a partir das curvas analíticas e equações de regressão obtidas para α-caroteno ( $y = 2120957,979x + 9747,426$ ;  $R^2 = 0,999$ ), β-caroteno ( $y = 1421302,230x + 3563,819$ ;  $R^2 = 0,999$ ); β-criptoxantina ( $y = 1730130,1624x - 8057,5853$ ;  $R^2 = 0,999$ ); AA ( $y = 1394501,207x - 115382,946$ ;  $R^2 = 0,993$ ); α-tocoferol ( $y = 93284137,0896x + 47566,8009$ ;  $R^2 = 0,997$ ), α-tocotrienol ( $y = 24797142,844x + 285288,289$ ;  $R^2 = 0,998$ ); β-tocoferol ( $y = 69128704,3544x - 12630,4206$ ;  $R^2 = 0,997$ ) β-tocotrienol ( $y = 103510533,3049x + 353912,0940$ ;  $R^2 = 0,988$ ); γ-tocoferol ( $y = 234829959,3330x + 731230,4290$ ;  $R^2 = 0,997$ ); THF ( $y = 942240050,58x - 162371,44$ ;  $R^2 = 0,996$ ), 5-MTHF ( $y = 1237294689,67x - 259476,97$ ;  $R^2 = 0,994$ ) e 5-FTHF ( $y = 710036264,81x - 1088694,36$ ;  $R^2 = 0,996$ ). A concentração real foi obtida por cálculos a partir das diluições realizadas.

### **3.9.8. Controle de qualidade dos métodos de análise**

Testes de recuperação dos padrões foram feitos pela adição dos compostos encontrados nos frutos (α-caroteno, β-caroteno, β-criptoxantina, AA, α-tocoferol, α-tocotrienol, β-tocotrienol, γ-tocoferol, γ-tocotrienol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF) às amostras na proporção de 50 a 100 % da concentração média original observada para cada espécie. O percentual de recuperação

foi calculado por meio da fórmula: % de recuperação = (concentração final do composto) - (concentração adicionada do composto) / (concentração inicial do composto) x 100. Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

A determinação da faixa de linearidade dos compostos foi realizada pela injeção, em duplicata, de seis concentrações crescentes das soluções padrão utilizando-se as mesmas condições cromatográficas empregadas para análise dos extratos. Os dados obtidos para as áreas dos picos foram usados para análise de regressão linear. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) obtido em cada caso foi utilizado para avaliação da linearidade (LANÇAS, 2004).

O teste de repetibilidade foi realizado pela extração e análise em quintuplicata de uma mesma repetição de fruto contendo os carotenóides e as vitaminas encontrados nos frutos. A avaliação da repetibilidade foi realizada pelo cálculo do desvio padrão relativo (DPR) das áreas dos picos e dos tempos de retenção dos componentes analisados (LANÇAS, 2004).

A avaliação do limite de detecção (LD) foi realizada por diluições sucessivas dos padrões de carotenóides e vitaminas identificadas nos frutos, seguida da determinação da menor quantidade detectável, como sendo três vezes o valor da amplitude do ruído da linha de base ( $S/R \geq 3$ ). O limite de quantificação (LQ) foi considerado como sendo 10 vezes o LD (CATHARINO et al. 2006).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização física

#### 4.1.1. Araçá

O fruto de araçá, conhecido como goiabinha do Cerrado, apresentou como uma baga de formato arredondado, levemente achatado, com casca amarelada e polpa carnososa e succulenta constituída de sementes de cor creme (Figura 1).



**Figura 1:** Representação fotográfica dos frutos de araçazeiro (*Psidium firmum* O. Berg).

Não foram encontrados estudos na literatura realizados com fruto da mesma espécie pesquisada neste trabalho, logo as comparações serão feitas com dados de outras espécies de araçá cultivadas no Brasil.

Na Tabela 2 estão apresentadas as características físicas dos frutos. Eles apresentaram massa média da polpa de 10,39 g, com rendimento de 81,43 %, característica importante para sua exploração econômica, visando o desenvolvimento de produtos com maior aproveitamento do mesmo. O rendimento de polpa foi superior aos 75,67 % relatados por Wille et al. (2004) em frutos da espécie *Psidium acutangulum* D. C. conhecidos como araçá-pêra encontrados naturalmente na região Amazônica.

**Tabela 2:** Características físicas dos frutos de araçazeiro (*Psidium firmum* O. Berg) do Cerrado (Diamantina, Minas Gerais, Brasil).

Variáveis	Média <sup>a</sup> ± DP <sup>b</sup>	Amplitude	
		Mínimo	Máximo
Diâmetro (cm)	2,74 ± 0,22	2,40	3,00
Altura (cm)	3,00 ± 0,27	2,50	3,50
Massa (g)			
<i>Fruto</i>	12,73 ± 3,14	7,28	18,71
<i>Casca</i>	2,34 ± 0,53	1,53	3,10
<i>Polpa + semente</i>	10,39 ± 2,67	5,75	15,61
Rendimento da polpa + semente (%)	81,43 ± 2,04	78,09	84,09

<sup>a</sup> média de 30 frutos; <sup>b</sup> desvio padrão.

#### 4.1.2. Buriti

Os frutos do buritizeiro apresentaram-se como drupas levemente ovaladas, recobertas por escamas extremamente duras, de coloração marrom-avermelhada. Em seu interior foi observada a presença de uma amêndoa recoberta por uma casca fibrosa e polpa amarela, carnosa e oleosa (Figura 2).



**Figura 2:** Representação fotográfica dos frutos do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.).

As características físicas do buriti são apresentadas na Tabela 3. O buriti apresentou massa variando de 44,12 a 87,14 g, com média de 60,43 g,

e rendimento de polpa de 22,75 %, o que dificulta seu aproveitamento na alimentação humana. No entanto, o rendimento encontrado foi superior ao relatado por Martins (2010), em estudo com frutos de mesma espécie, que observou 19,73 %; 18,31 % e 17,06 % de rendimento da polpa em três diferentes lotes coletados no Cerrado do estado de Goiás.

O rendimento da polpa encontrado no presente estudo também foi superior aos 10,98 % relatados por Carneiro (2011) em frutos coletados no estado do Piauí em áreas com vegetação típica do Cerrado, aos 12,8 % observados por Barbosa et al. (2009) em frutos do estado de Roraima e aos 21,06 % relatados por Fujita (2007) em frutos do Cerrado do estado de Tocantins; no entanto foi inferior aos 25,0 % encontrados por Carvalho e Muller (2005) em frutos da Amazônia.

**Tabela 3:** Características físicas dos frutos do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.) do Cerrado (Januária, Minas Gerais, Brasil).

Variáveis	Média <sup>a</sup> ± DP <sup>b</sup>	Amplitude	
		Mínimo	Máximo
Diâmetro (cm)	4,38 ± 0,22	4,00	4,90
Altura (cm)	5,94 ± 0,54	4,80	6,80
Massa (g)			
<i>Fruto</i>	60,43 ± 10,16	44,12	87,14
<i>Casca</i>	15,68 ± 4,07	10,80	24,22
<i>Sementes</i>	31,19 ± 7,17	19,25	46,49
<i>Polpa</i>	13,55 ± 2,32	9,57	19,56
Rendimento da polpa (%)	22,75 ± 3,95	15,83	28,48

<sup>a</sup> média de 30 frutos; <sup>b</sup> desvio padrão.

#### 4.1.3. Murici

Os frutos de muricizeiro, conhecidos por murici, douradinha-falsa, mirici, muricizinho, orelha-de-burro e orelha-de-veado, apresentaram-se em formato arredondado, levemente achatado, com casca fina amarela brilhante. Sua polpa mostrou-se suculenta, carnosa, oleosa e amarelada, com um forte odor, contendo em seu interior uma pequena semente (Figura 3).



**Figura 3:** Representação fotográfica dos frutos de muricizeiro (*Byrsonima verbascifolia*).

As características físicas dos muricis são apresentadas na Tabela 4. A massa média da polpa foi de 2,78 g, variando de 1,43 a 4,41 g e rendimento de 79,04 %, o que proporciona aproveitamento tecnológico do fruto, visando o desenvolvimento de produtos. A massa média da polpa relatada foi superior aos 1,99 g encontrados por Gusmão et al. (2006) em fruto de mesma espécie coletado na região da cidade de Montes Claros, Minas Gerais. O rendimento da polpa também foi superior aos 63 % relatados por Araújo et al. (2009), em fruto coletado em região de Cerrado no estado de Alagoas.

**Tabela 4:** Características físicas dos frutos do muricizeiro (*Byrsonima verbascifolia*) do Cerrado (Januária, Minas Gerais, Brasil).

Variáveis	Média <sup>a</sup> ± DP <sup>b</sup>	Amplitude	
		Mínimo	Máximo
Diâmetro (cm)	1,82 ± 0,17	1,40	2,10
Altura (cm)	1,36 ± 0,11	1,10	1,60
Massa (g)			
<i>Fruto</i>	3,51 ± 0,87	1,74	5,51
<i>Sementes</i>	0,73 ± 0,19	1,23	0,31
<i>Polpa</i>	2,78 ± 0,71	1,43	4,41
Rendimento da polpa (%)	79,04 ± 3,09	71,43	84,69

<sup>a</sup> média de 30 frutos; <sup>b</sup> desvio padrão.



#### 4.1.4. Tamarindo

Os frutos de tamarindeiro apresentaram formato de vagem alongada, casca de coloração parda, lenhosa e quebradiça. A polpa mostrou-se de coloração avermelhada, fibrosa e pegajosa, contendo em seu interior de 2 a 6 sementes (Figura 4).



**Figura 4:** Representação fotográfica dos frutos de tamarindeiro (*Tamarindus indica L.*).

As características físicas do tamarindo estão na Tabela 5. O comprimento dos frutos variou entre 3,70 e 11,10 cm, sendo observada uma grande variação quando comparado com estudo de Sousa (2008) que encontrou em tamarindos coletados em região de Cerrado do estado de Paraíba comprimento variando de 7,37 a 9,22 cm. O peso médio da polpa foi de 9,30 g, apresentando rendimento de 52,21 %. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Kumar e Bhattacharya (2008) que constataram rendimento de 55 % em polpa de fruto de mesma variedade, cultivado na Índia.

**Tabela 5:** Características físicas dos frutos de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).

Variáveis	Média <sup>a</sup> ± DP <sup>b</sup>	Amplitude	
		Mínimo	Máximo
Diâmetro longitudinal (cm)	1,49 ± 0,12	1,30	1,70
Diâmetro transversal (cm)	2,67 ± 0,14	2,50	3,00
Comprimento (cm)	6,66 ± 1,61	3,70	11,10
Massa (g)			
<i>Fruto</i>	9,30 ± 2,95	4,47	17,44
<i>Casca</i>	2,49 ± 0,73	1,32	4,89
<i>Sementes</i>	1,91 ± 0,75	0,80	3,65
<i>Polpa</i>	4,85 ± 1,60	2,80	9,33
Rendimento da polpa (%)	52,21 ± 4,06	40,45	62,64

<sup>a</sup> média de 30 frutos; <sup>b</sup> desvio padrão.

#### 4.2. Caracterização físico-química

As características físico-químicas dos frutos do Cerrado de Minas Gerais estão na Tabela 6.

O teor de sólidos solúveis (SS) possui correlação com os teores de açúcares e ácidos orgânicos, parâmetro de interesse para a comercialização do fruto *in natura*, uma vez que o mercado consumidor prefere frutos mais adocicados. O teor de SS dos frutos pesquisados variou entre 7,03 (polpa de buriti) e 44,00 (polpa de tamarindo).

**Tabela 6:** Características físico-químicas de polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

Variáveis	Araçá	Buriti	Murici	Tamarindo
SS (°Brix)	11,93 ± 0,66 <sup>b</sup>	7,03 ± 0,55 <sup>c</sup>	10,73 ± 1,22 <sup>bc</sup>	44,00 ± 4,25 <sup>a</sup>
AT (g de ácido cítrico.100g <sup>-1</sup> )	1,14 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,42 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,77 ± 0,00 <sup>b</sup>	18,52 ± 0,77 <sup>a*</sup>
Relação SS/AT	10,52 ± 1,80 <sup>b</sup>	4,91 ± 0,42 <sup>c</sup>	13,94 ± 1,63 <sup>a</sup>	2,38 ± 0,33 <sup>d</sup>
pH	3,49 ± 0,07 <sup>b</sup>	3,59 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,93 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,95 ± 0,10 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 3 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão; <sup>4</sup> Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; \* expresso em g de ácido tartárico.100g<sup>-1</sup>; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável.

A polpa de araçá apresentou teor de SS superior aos 8,56 e 8,8 °Brix encontrados em araçá das espécies *Psidium acutangulum* D. C. coletadas na região Amazônica e *Psidium guineensis* Sw. do estado de Minas Gerais, respectivamente (WILLE et al. 2004; DAMIANI et al. 2011). O buriti apresentou teor de SS inferior aos 14,71 °Brix relatados por Martins (2010) em frutos coletados no Cerrado de Goiás e aos 12,37 °Brix encontrados por Fujita (2007) em frutos do estado de Tocantins coletados em área de Cerrado, mas superior aos 4,50 °Brix observados em polpa de buriti da Amazônia (CANUTO et al. 2010).

Para o murici, o teor de SS foi semelhante ao observado por Guimarães e Silva (2008) (10,67 °Brix), em frutos coletados no estado de Goiás e superior ao encontrado por Canuto et al. (2010) em frutos da Amazônia (1,5 °Brix). Essa diferença entre o teor de SS encontrado no presente estudo e o relatado por Canuto et al. (2010), pode ser justificada pela diferença da região em que foram coletados os frutos e também devido ao grau de maturação dos mesmos. Já para o tamarindo, apesar de apresentar o maior teor de SS, esse foi inferior ao encontrado por Salunke e Desai (1984), que relataram teores na faixa de 54,00 a 69,80 °Brix em tamarindos da Flórida; aos 77 °Brix relatados por Silva et al. (2000) e aos 63 °Brix obtidos por Alves et al. (1993), em frutos coletados no nordeste do Brasil. No entanto foi superior aos 24,00 °Brix, relatados por Canuto et al. (2010) em polpas de frutos coletados na Amazônia.

Um dos critérios utilizados para a classificação de frutos quanto ao sabor, odor, estabilidade e qualidade é a determinação de acidez titulável (AT). Dentre os frutos estudados pode-se observar que entre as polpas de araçá, buriti e murici não houve diferença quanto ao teor de AT; no entanto, o teor encontrado no tamarindo foi o mais elevado.

O araçá apresentou teor de AT inferior ao relatado por Wille et al. (2004) (2,67 g de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup>) em araçá da espécie *Psidium acutangulum* D. C. coletada na região Amazônica. No buriti foi observado valor superior aos 0,86 g de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup> de polpa relatados por Martins (2010) em fruto do Cerrado de Goiás e aos 0,68 g de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup> de polpa em frutos de mesma espécie coletados no Cerrado

de Tocantins (FUJITA, 2007). No entanto, esse teor foi inferior aos 2,2 g de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup> observados por Canuto et al. (2010) em frutos coletados na Amazônia. A polpa de murici apresentou valor semelhante de AT ao encontrado por Canuto et al. (2010) em polpa de frutos de mesma espécie coletados na Amazônia (1,0 g de ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup>).

Conforme Shankaracharya (1998), o tamarindo é o mais ácido de todos os frutos e contém um ácido incomum que é o ácido tartárico, cuja origem metabólica ainda é desconhecida. Dessa forma, o valor de AT da polpa de tamarindo foi expresso em gramas de ácido tartárico por 100 g de polpa. O conteúdo de AT encontrado foi semelhante ao relatado por Gurjão (2006), que observou 17,2 g de ácido tartárico.100 g<sup>-1</sup> em tamarindos coletados no estado da Paraíba.

Conforme Chitarra e Chitarra (2000), a relação SS/AT, está relacionada com a qualidade do fruto em termos de maturidade e sabor, evidenciando o equilíbrio entre os açúcares e acidez, tornando-o mais agradável ao paladar. De acordo com Pinto et al. (2003), a relação SS/AT é uma avaliação mais representativa do que a medição isolada de açúcares e acidez.

Para o tamarindo essa relação foi reduzida, mas semelhante a encontrada por Gurjão (2006) (2,2) em tamarindos da Paraíba com 190 dias de maturação. Na polpa de buriti como na de tamarindo, a relação SS/AT também foi reduzida. Já para as polpas de araçá e murici a relação foi elevada, evidenciando assim a qualidade do fruto quanto ao seu sabor adocicado e agradável ao paladar.

Quanto ao valor de pH encontrado nos frutos estudados, foi observado no araçá pH superior aos 2,77 encontrados por Wille et al. (2004) em araçá da espécie *Psidium acutangulum* D. C., no entanto o pH foi inferior (3,99) ao relatado por Damiani et al. (2011) em frutos da espécie *Psidium guineensis* Sw. No buriti o pH foi semelhante aos 3,5 encontrados em polpa coletada na Amazônia (CANUTO et al. 2010) e aos 3,38; 3,45 e 3,52 relatados por Martins (2010) em polpa de buriti coletado em três diferentes áreas do estado de Goiás. No entanto, o pH foi inferior aos 3,83 observados por Fujita (2007) em fruto do estado do Tocantins.

A polpa de murici apresentou pH superior aos 3,42 relatados por Guimarães e Silva (2007) em frutos coletados em Goiás e aos 3,7 observados por Canuto et al. (2010) em fruto da Amazônia. O tamarindo foi o que apresentou teor mais reduzido de pH (2,95). Esse teor de foi ligeiramente superior ao encontrado por Canuto et al. (2010), que relataram 2,5 em polpa de mesma espécie da Amazônia.

O conhecimento das características físico-químicas de espécies frutíferas auxilia no direcionamento da fabricação de novos produtos a partir da polpa dos frutos viabilizando assim produtos de importante qualidade nutricional e com isso possibilitando a implementação da tecnologia social na região do Cerrado.

### 4.3. Caracterização química

Informações referentes à composição química e valor energético total dos quatro frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados são apresentadas na Tabela 7. Dados referentes à umidade e ao conteúdo de macronutrientes em polpa de frutos do Cerrado são escassos na literatura, principalmente para a espécie de araçá analisada.

**Tabela 7:** Características químicas e valor energético total de polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

Variáveis (g.100g <sup>-1</sup> )	Araçá	Buriti	Murici	Tamarindo
Umidade	77,46 ± 0,38 <sup>a</sup>	74,86 ± 0,12 <sup>a</sup>	71,58 ± 2,27 <sup>b</sup>	35,29 ± 1,41 <sup>c</sup>
FAT <sup>5</sup>	12,32 ± 0,53 <sup>b</sup>	9,23 ± 0,23 <sup>c</sup>	13,58 ± 0,14 <sup>a</sup>	4,13 ± 0,01 <sup>d</sup>
Lipídios	1,07 ± 0,36 <sup>c</sup>	12,13 ± 0,26 <sup>a</sup>	5,13 ± 0,45 <sup>bc</sup>	5,04 ± 0,13 <sup>b</sup>
Proteínas	1,45 ± 0,13 <sup>b</sup>	1,00 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,26 ± 0,06 <sup>c</sup>	6,09 ± 0,40 <sup>a</sup>
Cinzas	0,75 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,66 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,93 ± 0,08 <sup>b</sup>	2,37 ± 0,06 <sup>a</sup>
Carboidratos	6,91 ± 0,61 <sup>b</sup>	2,10 ± 0,50 <sup>c</sup>	7,47 ± 2,00 <sup>b</sup>	50,07 ± 1,60 <sup>a</sup>
VET <sup>6</sup>	43,19 ± 5,08 <sup>d</sup>	121,65 ± 0,20 <sup>b</sup>	81,23 ± 10,70 <sup>c</sup>	270,00 ± 6,21 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 3 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão; <sup>4</sup> Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; <sup>5</sup>Fibra alimentar total; <sup>6</sup> Valor energético total expresso em kcal.100g<sup>-1</sup>.

Os frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados apresentaram umidade variando de 35,29 g.100 g<sup>-1</sup> (tamarindo) a 77,46 g.100 g<sup>-1</sup> (araçá).

A polpa de araçá apresentou teor de umidade inferior aos 82,49 e 80,41 g.100 g<sup>-1</sup> relatados para araçás das espécies *Psidium acutangulum* D. C. e *Psidium guineensis* Sw. respectivamente (WILLE et al. 2004; DAMIANI et al. 2011). Para o buriti o teor de umidade foi superior aos 50,55; 48,07 e 55,39 g.100 g<sup>-1</sup> encontrados em frutos de diferentes regiões do Peru (Vásquez-Ocmín et al. 2010) e aos 50,5 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Darnet et al. (2011) em frutos de mesma espécie do estado do Pará. O teor encontrado em nosso estudo foi também superior aos 69,6 e 71,9 g.100 g<sup>-1</sup> relatados na Tabela de Composição de Alimentos do ENDEF/IBGE (1999) e por Manhães (2007), respectivamente. No entanto, foi semelhante aos 73,9; 73,99 e 73,52 g.100 g<sup>-1</sup> observados por Martins (2010), em frutos de três diferentes áreas do estado de Goiás.

O murici apresentou umidade menor que a relatada por Guimarães e Silva (2008) (75,87 g.100 g<sup>-1</sup>) e aos 80,64 g.100 g<sup>-1</sup> observados por Silva et al. (2008) em frutos de mesma espécie coletados no estado de Goiás. O elevado teor de umidade na polpa do murici, juntamente com a fragilidade de sua casca, torna esse fruto altamente susceptível à deterioração enzimática e microbiana, o que dificulta sua conservação.

Na polpa de tamarindo foi observado o menor teor de umidade, no entanto esse valor foi maior que os 22,00 g.100 g<sup>-1</sup>, relatados na Tabela de Composição de Alimentos - TACO (2006) e os 31,4 g.100 g<sup>-1</sup> apresentados na Tabela do *United States Department of Agriculture* - USDA (2009) em fruto de mesma espécie.

Quanto ao teor de fibra alimentar total, as polpas de murici e araçá apresentaram os maiores valores, seguidos das de buriti e tamarindo. A polpa de araçá apresentou teor de fibra alimentar total superior aos 9,66 g.100 g<sup>-1</sup> encontrado no araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C) coletada no estado do Amazonas (WILLE et al. 2004).

O buriti apresentou teor superior aos 7,67 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Martins (2010) e inferior aos 10,43 g.100 g<sup>-1</sup> observados por Fujita (2007) em frutos de mesma espécie adquiridos no estado de Goiás e Tocantins, respectivamente. No entanto, o teor de fibra alimentar total encontrado foi inferior aos 19,0 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Darnet et al. (2011) em frutos de

buriti coletados no estado do Pará.

Para o murici o teor foi superior aos 9,72 g.100 g<sup>-1</sup> observados por Silva et al. (2008) em frutos do Cerrado coletados no estado de Goiás. O teor de fibra alimentar total do tamarindo foi inferior ao encontrado na Tabela de Composição de Alimentos-TACO (2006) (6,4 g.100 g<sup>-1</sup>) e na Tabela do *United States Department of Agriculture - USDA* (2009) (5,1 g.100 g<sup>-1</sup>).

A polpa de buriti apresentou elevado teor lipídico, seguido da polpa de tamarindo e murici, onde foi observado mediano teor, e araçá que apresentou reduzido teor de lipídios. O teor lipídico do araçá foi superior ao encontrado por Damiani et al. (2011) (0,33g.100 g<sup>-1</sup>) em araçá da espécie *Psidium guineensis* Sw. coletadas no estado de Minas Gerais. Para a polpa de tamarindo o valor encontrado foi superior aos 0,5 g.100 g<sup>-1</sup> observados na Tabela de Composição de Alimentos-Taco (2006) e para o murici o teor lipídico também foi superior aos 2,19 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Silva et al. (2008) em frutos do Cerrado de Goiás.

O teor de lipídios encontrado na polpa de buriti foi superior aos 5,09 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Sano et al. (2008); no entanto foi inferior aos 14,00 g.100 g<sup>-1</sup> observados por Fujita (2007), aos 13,85 g.100 g<sup>-1</sup> apresentados por Manhães (2007) e aos 19,00 g.100 g<sup>-1</sup> encontrados por Darnet et al. (2011) em frutos de mesma espécie adquiridos em vários estados brasileiros que possuem o Cerrado como bioma predominante.

O teor de proteínas entre os frutos variou de 1,00 a 6,09 g.100 g<sup>-1</sup>. O araçá apresentou teor de proteínas inferior aos 1,87 g.100 g<sup>-1</sup> relatados em araçá da espécie *Psidium guineensis* Sw. (DAMIANI et al. 2004). A polpa de buriti apresentou valor inferior aos 3,70 g.100 g<sup>-1</sup> relatados por Darnet et al. (2011) em frutos coletados na região de Cerrado do Pará, e aos 2,05 g.100 g<sup>-1</sup> observados em polpa de buriti do Cerrado Goiano (MARTINS, 2010).

No murici foi observado teor de proteínas superior ao relatado por Silva et al. (2008) e Guimarães e Silva (2008) em polpas de frutos encontrados no Cerrado do estado de Goiás. A polpa de tamarindo apresentou o maior teor protéico, sendo superior ao encontrado na Tabela de Composição de Alimentos-TACO (2006) (3,2 g.100 g<sup>-1</sup>) e na Tabela do *United States Department of Agriculture - USDA* (2009) (2,8 g.100 g<sup>-1</sup>). Os

teores de proteína na polpa de buriti e murici foram semelhantes.

O teor de cinzas nos frutos foi reduzido. O araçá apresentou conteúdo de cinzas superior ao relatado por Wille et al. (2004) ( $0,45 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) em araçá-pêra coletada na Amazônia. Para o buriti o teor foi semelhante ao observado por Darnet et al. (2011) em polpa do estado do Pará ( $0,6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). A polpa de murici apresentou valor superior aos  $0,78 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  encontrados por Silva et al. (2008) em estudo com frutos do Cerrado de Goiás e para o tamarindo o teor também foi superior ao relatado na Tabela de Composição de Alimentos – TACO (2006) ( $1,90 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

Quanto ao teor de carboidratos dos frutos observou-se reduzidos teores para a polpa de buriti, seguido da polpa de araçá e murici; no entanto, o teor observado na polpa de tamarindo foi elevado. O buriti apresentou teor de carboidratos semelhante aos  $2,22 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  encontrados por Fujita (2007) em frutos do estado de Goiás. A polpa de murici apresentou teor de carboidratos superior aos  $5,96 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  observados por Silva et al. (2008). Já a polpa de tamarindo, apesar do elevado teor de carboidratos, esse foi inferior ao relatado na Tabela de Composição de Alimentos-TACO (2006) ( $72,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

O valor energético dos frutos foi variado. A polpa que apresentou menor valor energético foi a de araçá, seguida da polpa de murici, buriti e tamarindo, onde foi observado o maior valor energético. A polpa de araçá apresentou valor energético total semelhante ao observado em araçá da espécie *Psidium guineense* SW coletados no estado de Mato Grosso do Sul ( $44,5 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) (CALDEIRA et al. 2004). No entanto, foi inferior aos  $78,2 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  relatados por Damiani et al. (2011), em polpa da espécie *Psidium guineense* SW do estado de Minas Gerais. O buriti apresentou valor energético total inferior aos  $240,60 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  relatados por Darnet et al. (2011) em polpa do estado do Pará. No murici observou-se valor energético superior ao relatado por Silva et al. (2008) ( $46,43 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) em polpa do Cerrado goiano e na polpa de tamarindo o valor encontrado foi semelhante ao relatado na Tabela de Composição de Alimentos-TACO (2006) ( $276 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

Os frutos do Cerrado analisados apresentaram excelente valor



nutricional sendo observado em suas composições a presença de proteínas, cinzas, lipídios, fibra alimentar total e carboidratos. Dentre os nutrientes constituintes das polpas dos frutos de araçá, buriti, murici e tamarindo, pode-se destacar os teores de fibra alimentar total, lipídios e carboidratos, além do valor energético total.

#### 4.4. Carotenóides e vitaminas

##### 4.4.1. Qualidade dos métodos de análise

##### 4.4.1.1. Repetibilidade

Os desvios padrão relativos (DPR) das áreas dos picos (AP) e dos tempos de retenção (TR) encontrados mostram que os métodos de análise utilizados para carotenóides e vitaminas podem ser considerados com boa repetibilidade, o que confere confiabilidade às condições de análise utilizadas (Tabela 8).

**Tabela 8:** Repetibilidade dos métodos de análise avaliados em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).

Composto	Araçá		Buriti		Murici		Tamarindo	
	DPR-AP	DPR-TR	DPR-AP	DPR-TR	DPR-AP	DPR-TR	DPR-AP	DPR-TR
$\alpha$ -caroteno	nd	nd	2,41	0,24	nd	nd	nd	nd
$\beta$ -caroteno	2,24	0,34	1,39	1,64	1,05	0,60	nd	nd
$\beta$ -criptoxantina	1,04	0,60	nd	nd	nd	nd	nd	nd
AA	nd	nd	2,15	1,74	1,58	0,59	2,47	1,27
$\alpha$ -tocoferol	1,06	1,72	1,44	0,07	0,72	0,92	2,19	2,76
$\alpha$ -tocotrienol	nd	nd	1,62	0,13	nd	nd	nd	nd
$\beta$ -tocoferol	nd	nd	2,15	0,49	nd	nd	3,00	1,41
$\beta$ -tocotrienol	nd	nd	nd	nd	0,86	0,90	nd	nd
$\gamma$ -tocoferol	0,82	1,28	2,08	0,54	nd	nd	3,22	0,93
THF	2,55	0,70	1,67	1,41	nd	nd	1,58	0,70
5-MTHF	4,37	0,72	nd	nd	nd	nd	1,10	0,00
5-FTHF	1,99	0,59	2,56	0,94	nd	nd	1,21	0,05

AA: ácido ascórbico; THF: tetraidrofolato; 5-MTHF: 5-metiltetraidrofolato; 5-FTHF: 5-formiltetraidrofolato; nd: não detectado; DPR-AP: desvio padrão relativo das áreas dos picos; DPR-TR: desvio padrão relativo dos tempos de retenção.

Todos os carotenóides detectados nos frutos apresentaram DPR abaixo de 10 % em relação às áreas dos picos e ao tempo de retenção (valores entre 0,34 e 8,48 %). Para o AA o DPR em relação às áreas dos picos e ao tempo de retenção variou entre 0,59 e 6,7 %. Para os tocoferóis e tocotrienóis identificados nos frutos o DPR em relação às áreas dos picos e ao tempo de retenção variou entre 0,07 e 10,71 %.

As diferentes formas de folatos presentes nos frutos apresentaram DPR em relação às áreas dos picos e tempo de retenção valores entre 0,00 e 9,79 %.

Os valores encontrados em nosso estudo foram similares aos observados por Cardoso (2011), em pesquisa semelhante com diferentes frutos do Cerrado.

#### **4.4.1.2. Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade**

Na Tabela 9 são apresentados os limites de detecção e quantificação e a faixa de linearidade dos padrões de carotenóides e vitaminas encontrados nos frutos analisados.

**Tabela 9:** Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade dos padrões de carotenóides e vitaminas.

<b>Compostos</b>	<b>Limite de detecção</b> (µg/mL)	<b>Limite de quantificação</b> (µg/mL)	<b>Linearidade</b> (µg)
α-caroteno	7,861	78,612	0,0134 – 0,3935
β-caroteno	6,422	64,221	0,2060 – 6,0321
β-criptoxantina	6,961	69,613	0,0045 - 1,4333
AA	12,321	123,214	0,1550 – 7,7500
α-tocoferol	0,025*	0,251*	0,0104 - 0,1040**
α-tocotrienol	0,074*	0,741*	0,0024 - 0,5100**
β-tocoferol	0,054*	0,530*	0,0037 – 0,1120**
β-tocotrienol	0,034*	0,342*	0,0170 – 0,1700**
γ-tocoferol	0,025*	0,252*	0,0022 - 0,1076**
THF	0,003*	0,031*	0,00004 - 0,04622**
5-MTHF	0,002*	0,024*	0,00001 - 0,01077**
5-FTHF	0,002*	0,021*	0,00003 - 0,00331**

AA: ácido ascórbico; THF: tetraidrofolato; 5-MTHF: 5-metiltetraidrofolato; 5-FTHF: 5-formiltetraidrofolato; \*: valores expressos em nanograma/mL; \*\*: valores expressos em nanogramas

O limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) dos compostos detectados por fluorescência (α-tocoferol, α-tocotrienol, β-tocoferol, β-tocotrienol, γ-tocoferol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF) foram, em média, 300 vezes superiores aos encontrados nos compostos detectados por DAD (α-caroteno, β-caroteno, β-criptoxantina e AA). Isso ocorre devido à maior sensibilidade do detector de fluorescência, permitindo a identificação e quantificação de quantidades muito reduzidas de compostos presentes nos alimentos.

O LD dos compostos detectados por DAD variou de 6,422 a 12,321 µg.mL<sup>-1</sup>, enquanto que o LD dos compostos detectados por fluorescência variou de 0,002 a 0,074 ng.mL<sup>-1</sup>. A detecção e quantificação de concentrações reduzidas dos carotenóides e vitaminas analisados foi possível devido aos reduzidos LD e LQ observados.

Quanto à faixa de linearidade observou-se que para cada composto analisado ela foi ampla e os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram superiores a 0,997, o que garantiu a obtenção de dados confiáveis do conteúdo de carotenóides e vitaminas em uma faixa de variação ampla nos

frutos. O mesmo foi relatado em pesquisa semelhante com frutos do Cerrado de Minas Gerais (CARDOSO, 2011).

#### **4.4.1.3. Recuperação**

Os percentuais de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas foram obtidos a partir da diferença percentual entre as concentrações iniciais analisadas e as adicionadas às polpas previamente homogeneizadas. Como se pode observar na Tabela 11, a recuperação dos padrões foi superior a 90,1 %, o que garante boa confiabilidade dos métodos utilizados e demonstra reduzida chance de haver perdas durante o processo de extração e análise. O mesmo foi observado por Cardoso (2011), que relatou percentual de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados às amostras, superior a 92,9 % em pesquisa com outros frutos do Cerrado.

Os carotenóides analisados apresentaram recuperação variando de 93,1 a 97,8 %. Para o AA observou-se recuperação média de 93,1 %. A recuperação dos componentes da vitamina E, variou de 93,4 a 99,9 % e a recuperação média dos diferentes folatos analisados foi de 94,9 %.

**Tabela 10:** Percentual de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)<sup>1</sup>.

Composto	Araçá	Buriti	Murici	Tamarindo
α-caroteno	nd	95,2	nd	Nd
β-caroteno	93,1	97,8	95,5	Nd
β-criptoxantina	97,4	nd	nd	Nd
AA	nd	96,4	91,7	91,3
α-tocoferol	94,3	99,9	93,4	95,5
α-tocotrienol	nd	99,8	nd	Nd
β-tocoferol	nd	99,9	nd	94,9
β-tocotrienol	nd	nd	98,0	Nd
γ-tocoferol	98,7	99,9	nd	93,5
γ-tocotrienol	nd	nd	nd	Nd
THF	98,8	97,9	nd	90,1
5-MTHF	97,2	nd	nd	95,7
5-FTHF	85,7	95,7	nd	96,4

<sup>1</sup> % de recuperação = (concentração final do composto) - (concentração adicionada do composto) / (concentração inicial do composto) x 100; nd: não detectado; AA: ácido ascórbico; THF: tetraidrofolato; 5-MTHF: 5-metiltetraidrofolato; 5-FTHF: 5-formiltetraidrofolato.

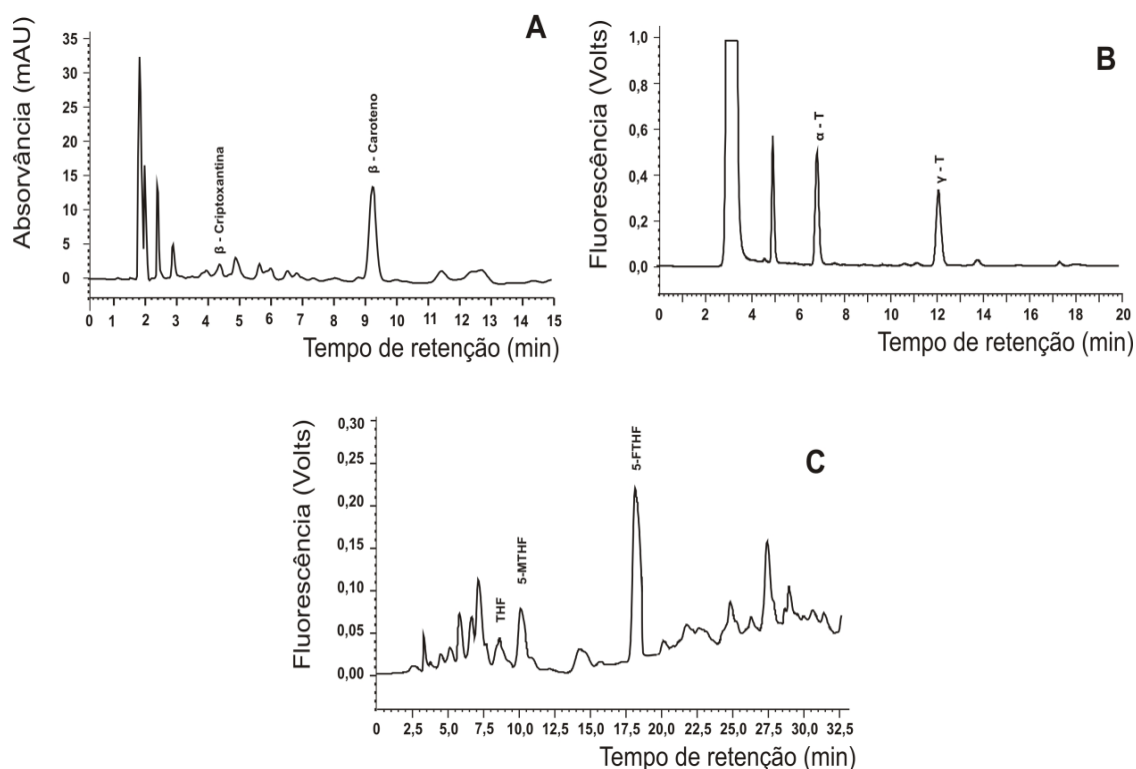
#### 4.5. Composição qualitativa

Análises de vitamina C, carotenóides, vitamina E e folatos tiveram tempo de corrida de 5; 15; 20 e 33 minutos, respectivamente. Os métodos de análise empregados permitiram boa resolução dos picos, o que garantiu adequada identificação e quantificação dos carotenóides e vitaminas nas amostras dos frutos. Informações sobre os perfis cromatográficos de análises de carotenóides e vitaminas em polpa *in natura* de araçá, buriti, murici e tamarindo, obtidos por CLAE, não estão disponíveis na literatura especializada, não permitindo comparações sobre os perfis cromatográficos obtidos e reforçando a necessidade do presente estudo.

##### 4.5.1. Araçá

Foi detectada na polpa do araçá a presença de β-criptoxantina (tempo de retenção - TR: 4,14 minutos), β-caroteno (TR: 9,20 minutos); α-tocoferol

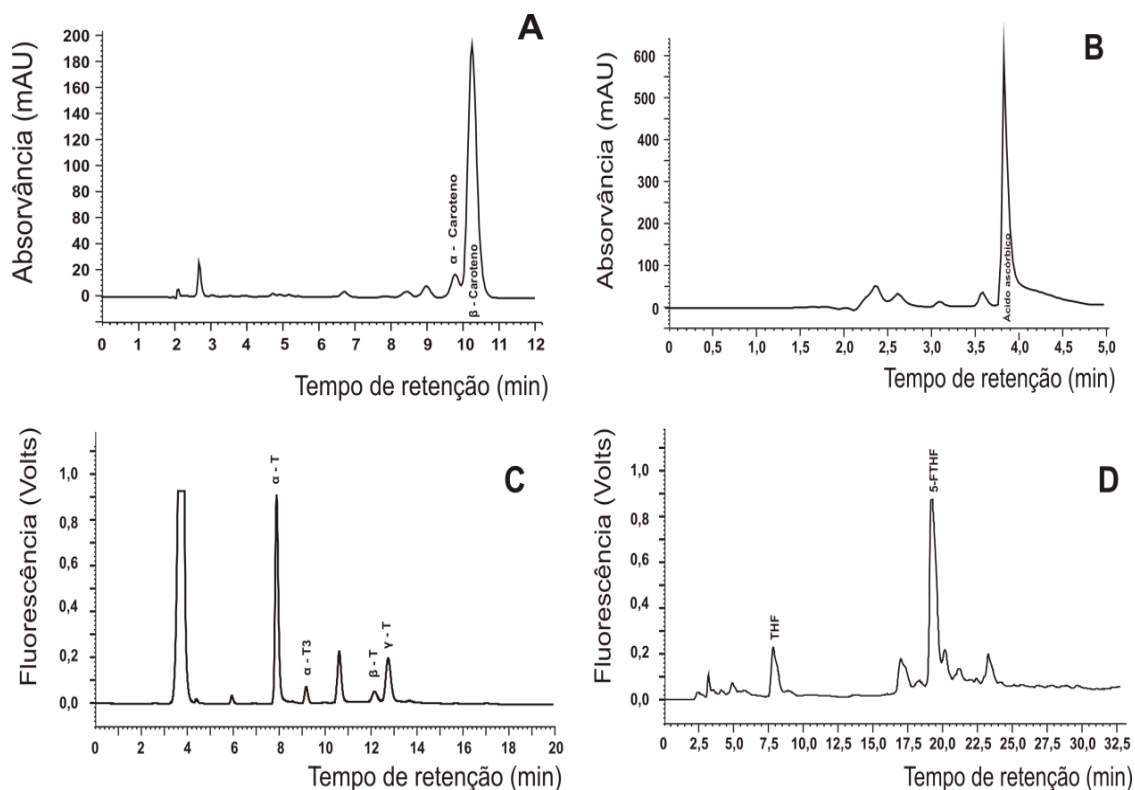
(TR: 6,93 minutos),  $\gamma$ -tocoferol (TR: 12,04 minutos); THF (TR: 8,50 minutos), 5-MTHF (TR: 10,3 minutos) e 5-FTHF (TR: 18,04 minutos) (Figura 5). O  $\alpha$ -caroteno, licopeno; AA, ADA;  $\beta$ - e  $\delta$ -tocoferol e  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienol não foram identificados nos frutos de araçá pesquisados.



**Figura 5:** Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina E (B) e folatos (C) em polpa de araçá (*Psidium firmum* O. Berg) do Cerrado de Minas Gerais (Diamantina, Minas Gerais, Brasil).  $\alpha$ -T:  $\alpha$ -tocoferol;  $\gamma$ -T:  $\gamma$ -tocoferol.

#### 4.5.2. Buriti

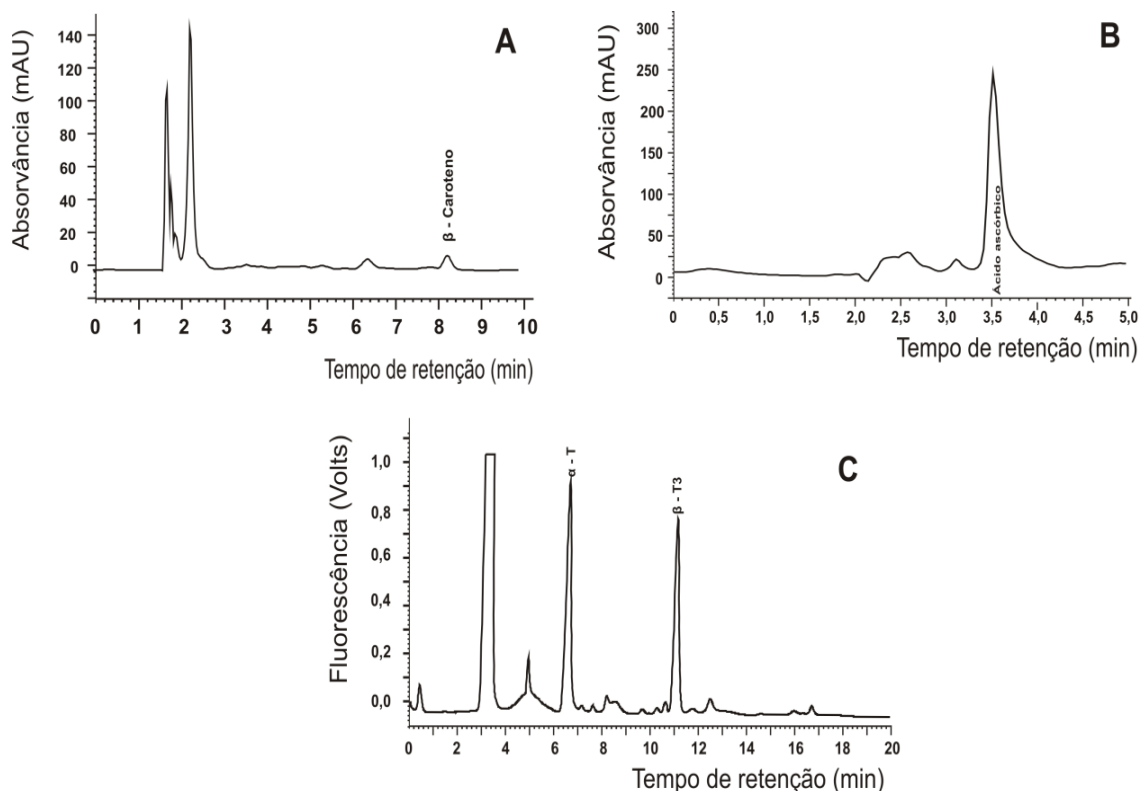
Na polpa do buriti foi identificada a presença de  $\alpha$ -caroteno (TR: 9,75 minutos),  $\beta$ -caroteno (TR: 10,22 minutos); AA (TR: 3,85 minutos);  $\alpha$ -tocoferol (TR: 7,82 minutos),  $\alpha$ -tocotrienol (TR: 9,23 minutos),  $\beta$ -tocoferol (TR: 12,20 minutos),  $\gamma$ -tocoferol (TR: 12,89 minutos); THF (TR: 8,01 minutos) e 5-FTHF (TR: 19,51 minutos) (Figura 6). Não foram identificados nas amostras de buriti  $\beta$ -criptoxantina, licopeno;  $\delta$ -tocoferol e  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienol.



**Figura 6:** Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de buriti (*Mauritia vinifera* Mart.) do Cerrado de Minas Gerais (Januária, Minas Gerais, Brasil).  $\alpha$ -T:  $\alpha$ -tocoferol;  $\alpha$ -T3:  $\alpha$ -tocotrienol;  $\beta$ -T:  $\beta$ -tocoferol  $\gamma$ -T:  $\gamma$ -tocoferol.

#### 4.5.3. Murici

Na polpa do murici foi identificada a presença do  $\beta$ -caroteno (TR: 8,30 minutos); AA (TR: 3,51 minutos);  $\alpha$ -tocoferol (TR: 6,45 minutos) e  $\beta$ -tocotrienol (TR: 11,05 minutos). Não foram identificados nas amostras o  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, licopeno;  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol;  $\alpha$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocotrienol e as três formas de folatos (Figura 7).

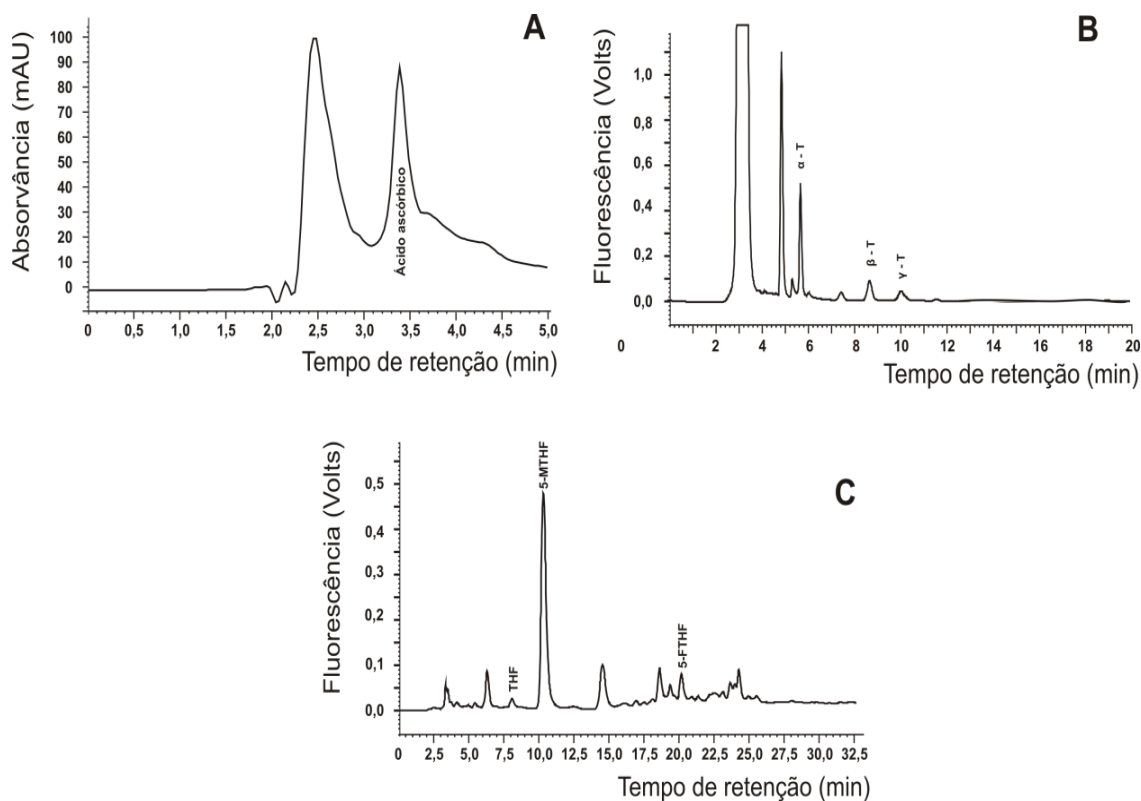


**Figura 7:** Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B) e vitamina E (C) em polpa de murici (*Byrsonima verbascifolia*) do Cerrado de Minas Gerais (Januária, Minas Gerais, Brasil).  $\alpha$ -T:  $\alpha$ -tocoferol;  $\beta$ -T3:  $\beta$ -tocotrienol.

#### 4.5.4. Tamarindo

Na polpa do tamarindo foi detectada a presença de AA (TR: 3,19 minutos);  $\alpha$ -tocoferol (TR: 5,76 minutos),  $\beta$ -tocoferol (TR: 8,77 minutos) e  $\gamma$ -tocoferol (TR: 9,98 minutos); THF (TR: 8,08 minutos), 5-MTHF (TR: 10,51 minutos) e 5-FTHF (TR: 20,03 minutos). Não foram encontrados nas amostras de tamarindo a presença de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e licopeno;  $\delta$ -tocoferol e  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, e  $\delta$ -tocotrienol (Figura 8).





**Figura 8:** Análise por CLAE vitamina C (A), vitamina E (B) e folatos (C) em polpa de e tamarindo (*Tamarindus indica L.*) do Cerrado de Minas Gerais (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).  $\alpha$ -T:  $\alpha$ -tocoferol;  $\beta$ -T:  $\beta$ -tocoferol;  $\gamma$ -T:  $\gamma$ -tocoferol.

#### 4.6. Quantificação de carotenóides e vitaminas nos frutos

##### 4.6.1. Carotenóides

Os teores de carotenóides em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo são apresentados na Tabela 11.

Informações quanto à ocorrência e quantificação de carotenóides em frutos do Cerrado são escassas na literatura científica, o que dificultou comparações com os resultados obtidos na presente pesquisa.

O teor de carotenóides foi menor nas polpas de araçá e murici, diferindo da polpa de buriti na qual o teor foi maior. Em relação a frutos convencionalmente consumidos pela população, no araçá foi observado teor de carotenóides semelhante ao do caqui ( $0,36 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) e ao do pêssego ( $0,29 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), e superior ao observado na carambola ( $0,17 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) e

ameixa (0,25 mg.100 g<sup>-1</sup>). O teor encontrado no murici foi semelhante ao da nectarina (0,15 mg.100 g<sup>-1</sup>), e superior ao encontrado no morango (0,02 mg.100 g<sup>-1</sup>) (SOUZA et al. 2004).

**Tabela 11:** Teores de carotenóides em polpa de araçá, buriti e murici do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

<b>Composto</b>	<b>Araçá</b>	<b>Buriti</b>	<b>Murici</b>
Carotenóides totais (mg.100 g <sup>-1</sup> )	0,32 ± 0,05 <sup>b</sup> (100,0%)	23,94 ± 7,17 <sup>a</sup> (100,0%)	0,16 ± 0,03 <sup>b</sup> (100,0%)
α-caroteno (mg.100 g <sup>-1</sup> )	nd	2,30 ± 0,41 (9,61)	Nd
β-caroteno (mg.100 g <sup>-1</sup> )	0,30 ± 0,05 <sup>b</sup> (94,24%)	21,64 ± 6,77 <sup>a</sup> (90,38%)	0,16 ± 0,04 <sup>b</sup> (100,0%)
β-criptoxantina (mg.100 g <sup>-1</sup> )	0,02 ± 0,01 (5,76%)	nd	Nd
Valor de vitamina A (RAE.100 g <sup>-1</sup> )	26,04 ± 4,03 <sup>b</sup> (100,0%)	1899,33 ± 581,31 <sup>a</sup> (100,0%)	13,37 ± 3,22 <sup>b</sup> (100,0%)

<sup>1</sup>valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 5 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); <sup>4</sup>Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; nd: não detectado.

O teor de carotenóides observado no buriti foi semelhante aos 23,36 mg.100 g<sup>-1</sup> relatados por Manhães (2007), em polpa *in natura* de frutos do estado do Pará e superior aos 12,45 mg.100 g<sup>-1</sup> observados por Yuyama (1998), em buriti da região amazônica. No entanto, o teor foi inferior ao encontrado por Lima et al. (2009) (37,21 mg.100 g<sup>-1</sup>) em frutos coletados em Goiás.

A polpa de buriti apresentou teor de carotenóides aproximadamente seis vezes maior que o encontrado na cenoura (3,79 mg.100 g<sup>-1</sup>), tubérculo tradicionalmente conhecido como uma das principais fontes de pró-vitamina A da dieta. Em relação aos principais alimentos considerados como fontes de carotenóides, o buriti apresentou mais de 100 vezes o teor de carotenóides da acerola (0,23 mg.100 g<sup>-1</sup>), 10 vezes o teor encontrado na abóbora (2,32 mg.100 g<sup>-1</sup>) e oito vezes maior que o teor observado no espinafre (2,90 mg.100 g<sup>-1</sup>) (USDA, 2009).

Pelo considerável teor de carotenóides encontrado no buriti do

Cerrado de Minas Gerais este fruto pode ser considerado como um alimento de elevado teor provitamínico A devido principalmente à concentração de  $\beta$ -caroteno em sua polpa. Em especial em países em desenvolvimento, nos quais a deficiência de vitamina A é considerada como um dos mais graves problemas de saúde pública, o consumo do buriti deve ser estimulado.

Utilizando os fatores de conversão para os carotenóides pró-vitamínicos A (U. S. Institute of Medicine, 2001), verificou-se que a polpa de buriti apresentou valor muito maior (1899,33 RAE.100 g<sup>-1</sup>) ao encontrado na acerola (175,0 RAE.100 g<sup>-1</sup>), no caqui (58,4 RAE.100 g<sup>-1</sup>), no maracujá doce (89,5 RAE.100 g<sup>-1</sup>) e no mamão *formosa* (76,7 RAE.100 g<sup>-1</sup>) (SOUZA et al. 2004).

#### 4.6.2. Vitamina C

Na Tabela 12 encontram-se os teores de vitamina C em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo.

Entre os frutos analisados apenas o araçá não apresentou vitamina C. No buriti, murici e tamarindo observou-se conteúdo de AA como componente principal, sendo que no buriti e murici, foi detectada a ocorrência do ADA.

**Tabela 12:** Teores de vitamina C em polpa de buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

Composto	Buriti	Murici	Tamarindo
Vitamina C total (mg.100 g <sup>-1</sup> )	59,93 ± 5,32 <sup>a</sup>	27,23 ± 4,91 <sup>b</sup>	4,79 ± 0,96 <sup>c</sup>
	(100,0%)	(100,0%)	(100,0%)
AA (mg.100 g <sup>-1</sup> )	51,85 ± 3,44 <sup>a</sup>	22,58 ± 5,76 <sup>b</sup>	4,79 ± 0,96 <sup>c</sup>
	(86,50%)	(82,92%)	(100,0%)
ADA (mg.100 g <sup>-1</sup> )	8,08 ± 5,37 <sup>a</sup>	4,64 ± 2,14 <sup>a</sup>	Nd
	(13,5%)	(17,08%)	

<sup>1</sup>valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 5 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); <sup>4</sup>Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; nd:não detectado; AA: ácido ascórbico; ADA: ácido desidroascórbico.

O buriti apresentou o maior teor de vitamina C em relação aos outros frutos analisados, sendo esse superior aos 31,86 mg.100 g<sup>-1</sup> relatados por Lima et al. (2009) em frutos coletados no estado de Goiás. O teor também foi superior ao observado por Cardoso et al. (2011) em cagaita, fruto do

Cerrado coletado no estado de Minas Gerais.

O teor de vitamina C no buriti foi ainda superior ao encontrado em frutos tradicionalmente conhecidos pela população com fonte de vitamina C como limão (53,0 mg.100 g<sup>-1</sup>) e maracujá (30,0 mg.100 g<sup>-1</sup>) (USDA, 2009).

O teor de vitamina C observado no murici foi semelhante ao encontrado na manga (27,7 mg.100 g<sup>-1</sup>) e superior ao relatado em outras frutas como pitanga (26,3 mg.100 g<sup>-1</sup>), tangerina (26,7 mg.100 g<sup>-1</sup>), melão (18,0 mg.100 g<sup>-1</sup>) e uva (10,8 mg.100 g<sup>-1</sup>). Na polpa do tamarindo o teor de vitamina C foi reduzido, no entanto semelhante ao observado na maçã (4,6 mg.100 g<sup>-1</sup>) (USDA, 2009).

#### 4.6.3. Vitamina E

O teor de vitamina E em polpa de frutos do Cerrado de Minas Gerais é apresentado na Tabela 13.

**Tabela 13:** Teores de vitamina E em polpa de araçá, buriti, murici e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

Composto	Araçá	Buriti	Murici	Tamarindo
Vitamina E total (µg.100 g <sup>-1</sup> )	336,33± 104,94 <sup>c</sup> (100,0%)	6454,73± 897,42 <sup>a</sup> (100,0%)	1816,71± 417,97 <sup>b</sup> (100,0%)	108,78 ± 18,25 <sup>c</sup> (100,0%)
α-tocoferol (µg.100 g <sup>-1</sup> )	231,65 ± 65,43 <sup>bc</sup> (68,9%)	4988,81 ± 1011,49 <sup>a</sup> (71,1%)	949,68± 413,54 <sup>b</sup> (52,3%)	93,16 ± 16,19 <sup>c</sup> (85,6%)
α-tocotrienol (µg.100 g <sup>-1</sup> )	nd	159,17 ± 35,32 (2,5%)	nd	nd
β-tocoferol (µg.100 g <sup>-1</sup> )	nd	743,66± 528,05 <sup>a</sup> (11,5%)	nd	10,89 ± 2,76 <sup>b</sup> (10,0%)
β-tocotrienol (µg.100 g <sup>-1</sup> )	nd	nd	867,03 ± 87,29 (47,7%)	nd
γ-tocoferol (µg.100 g <sup>-1</sup> )	104,68± 40,57 <sup>b</sup> (31,1%)	579,089 ± 221,15 <sup>a</sup> (8,9%)	nd	4,73 ± 1,20 <sup>b</sup> (4,3%)

<sup>1</sup>valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 5 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); <sup>4</sup>Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; nd: não detectado.

Teores consideráveis de vitamina E, incluindo cinco diferentes

compostos foram encontrados em todos os frutos estudados, se destacando o buriti e o murici, seguidos do araçá e tamarindo que apresentaram teores estatisticamente iguais. O composto majoritário encontrado nos quatro frutos analisados foi o  $\alpha$ -tocoferol, resultado concordante com o de Sentiada et al. (2003), que afirmam a maior predominância do  $\alpha$ -tocoferol nos alimentos.

A polpa de buriti apresentou teor superior ao observado em frutas popularmente conhecidas como amora ( $3740 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ), framboesas ( $3460 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) e abacate ( $2750 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ). O murici também apresentou teor considerável de vitamina E, superior ao encontrado no kiwi ( $1450 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) e pêsego ( $1230 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) (USDA, 2009).

No araçá foi observado teor superior de vitamina E em relação ao encontrado na cereja ( $230 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) e banana ( $150 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ). No tamarindo o teor observado foi superior ao do abacaxi ( $40 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ), melão ( $60 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) e laranja ( $60 \mu\text{g}.100 \text{g}^{-1}$ ) (USDA, 2009). Esses dados demonstram que em comparação com frutas amplamente consumidas pela população os frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados apresentam teor superior de vitamina E.

#### **4.6.4. Folatos**

Na Tabela 14 estão apresentados os teores de folatos observados nas polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais. Dos quatro frutos analisados apenas no murici não foi verificada a presença de folatos.

**Tabela 14:** Teores de folatos em polpa de araçá, buriti e tamarindo do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) <sup>1, 2, 3, 4</sup>

<b>Composto</b>	<b>Araçá</b>	<b>Buriti</b>	<b>Tamarindo</b>
Folatos totais	47,25 ± 12,15 <sup>a</sup>	53,08 ± 7,41 <sup>a</sup>	59,35 ± 9,86 <sup>a</sup>
(µg.100 g <sup>-1</sup> )	(100,0%)	(100,0%)	(100,0%)
THF (µg.100 g <sup>-1</sup> )	7,96 ± 1,94 <sup>b</sup>	23,23 ± 4,78 <sup>ab</sup>	12,21 ± 2,13 <sup>a</sup>
	(16,84%)	(43,8%)	(20,6%)
5-MTHF (µg.100 g <sup>-1</sup> )	5,58 ± 1,33 <sup>a</sup>	nd	41,87 ± 5,92 <sup>a</sup>
	(11,80%)		(70,5%)
5-FTHF (µg.100 g <sup>-1</sup> )	33,70 ± 10,26 <sup>a</sup>	29,83 ± 4,68 <sup>a</sup>	5,27 ± 1,31 <sup>b</sup>
	(71,32%)	(56,2%)	(8,9%)

<sup>1</sup>valores expressos em matéria fresca; <sup>2</sup> média de 5 repetições; <sup>3</sup> dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); <sup>4</sup>Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; nd:não detectado; THF: tetraidrofolato; 5-MTHF: 5-metiltetraidrofolato; 5-FTHF: 5-formiltetraidrofolato.

Dentre os folatos investigados, observou-se a presença de THF e 5-FTHF em todos os frutos e 5-MTHF apenas no araçá e tamarindo. O componente majoritário no tamarindo foi o 5-MTHF, resultado que está em concordância com o de Jastrebova et al. (2003), que encontraram o 5-MTHF como componente majoritário em frutas e hortaliças. Em contrapartida, o componente em maior quantidade no araçá e buriti foi o 5-FTHF, resultado que se assemelha ao relatado por Della Lucia et al. (2011) que relataram essa forma como componente majoritário em hortaliças.

Não houve diferença estatística entre os teores de folatos dos frutos pesquisados. O teor observado nos frutos do Cerrado Mineiro foi maior que o encontrado em frutas mais consumidas pela população como laranja (30 µg.100 g<sup>-1</sup>), banana (20 µg.100 g<sup>-1</sup>), pêssego (14 µg.100 g<sup>-1</sup>), uva (4 µg.100 g<sup>-1</sup>) e maçã (3 µg.100 g<sup>-1</sup>) (USDA, 2009).

Para carotenóides e vitaminas foram encontrados elevados desvios padrão entre as repetições, o que é comum em matrizes alimentares, visto que as análises simularam condições reais de consumo. Moltó-Puigmartí et al. (2011) também relataram altos desvios padrão na análise de vitamina C e tocoferol em leite humano, simulando condições reais de consumo.

## 4.7. Categorização de frutos do Cerrado como fontes de vitaminas

### 4.7.1. Categorização em 100 gramas de polpa

Conforme Philippi (2008), os alimentos podem ser classificados como "fonte", "boa fonte" e "excelente fonte" de nutrientes. Quando o alimento supre de 5 a 10 % das *Dietary Reference Intake* (DRI), é considerado "fonte" do nutriente; quando supre de 10 a 20 % da DRI pode ser considerado "boa fonte" e quando atende mais de 20 % da DRI é classificado como "excelente fonte".

Como observado na Tabela 15, dentre os frutos analisados, pode-se classificar o buriti do Cerrado de Minas Gerais como excelente fonte de pró-vitamina A, por suprir mais de 450 % das recomendações diárias para crianças de 4 a 8 anos, mais de 200 % para adultos e quase 250 % para gestantes, ultrapassando o nível de ingestão tolerável (UL) com o consumo de 100 g de polpa nas três faixas analisadas (U.S. Institute Medicine, 2001). De acordo com Rodrigues-Amaya (1997), o buriti se destaca como a fonte mais rica de provitamina A encontrada no Brasil podendo assim ser utilizado em programas de combate à deficiência de vitamina A em todo Brasil, principalmente na região do Cerrado.

O araçá e o murici não se destacaram quanto ao teor de vitamina A, apenas podendo ser considerado fonte dessa vitamina para crianças por suprir mais de 6 % das recomendações diárias.

**Tabela 15:** Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina A para crianças, adultos e gestantes.

Frutos	Valor de vitamina A (RAE.100 g <sup>-1</sup> )	% de adequação da ingestão <sup>1</sup>		
		Crianças	Adultos	Gestantes
Araçá	26,04	6,51	3,25	3,38
Buriti	1899,33	474,83	237,41	247,33
Murici	13,37	3,34	1,67	1,73

<sup>1</sup> Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina A para crianças com idade entre 4 e 8 anos (400 µg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (800 µg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (770 µg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Em relação à contribuição de vitamina C dos frutos analisados, o buriti e o murici mostraram-se como excelentes fontes para crianças, adultas e gestantes (Tabela 16). Destaca-se que a ingestão de 100 g de polpa de buriti para crianças pode suprir mais de 200 % das recomendações diárias e a ingestão do murici supre mais de 100 %. O tamarindo pode ser considerado boa fonte de vitamina C também para crianças; para adultos e gestantes pode suprir 5 % das recomendações diárias, sendo assim considerado um alimento fonte.

Para adultos e gestantes o buriti também pode ser considerado excelente fonte de vitamina C por suprir mais de 60 % das recomendações diárias para adultos e 70 % para gestantes. O mesmo ocorre com o murici que pode suprir em torno de 30 % das recomendações diárias tanto para adultos como para gestantes.

**Tabela 16:** Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina C para crianças, adultos e gestantes.

Frutos	Conteúdo de vitamina C (mg.100 g <sup>-1</sup> )	% de adequação da ingestão <sup>1</sup>		
		Crianças	Adultos	Gestantes
Buriti	59,94	239,76	66,60	70,51
Murici	27,24	108,96	30,26	34,04
Tamarindo	4,79	19,16	5,32	5,63

<sup>1</sup> Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina C para crianças com idade entre 4 e 8 anos (25 mg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (90 mg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (85 mg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

A contribuição dos frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E encontra-se na Tabela 17. Pode-se observar que o consumo de 100 g de polpa de buriti pode suprir mais de 70 % das recomendações diárias para crianças, sendo assim considerada excelente fonte de vitamina E. Pode ser classificado como excelente fonte para adultos e gestantes, suprimindo mais de 30 % das recomendações.

O murici pode ser classificado como boa fonte para crianças por suprir mais de 13 % das recomendações; para adultos e gestantes pode ser



classificado como alimento fonte podendo suprir 6 % das recomendações diárias. Tanto o araçá quanto o tamarindo não se destacaram quanto ao suprimento das recomendações diárias de vitamina E.

**Tabela 17:** Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E para crianças, adultos e gestantes.

Frutos	Conteúdo de $\alpha$ -tocoferol ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )	% de adequação da ingestão <sup>1</sup>		
		Crianças	Adultos	Gestantes
Araçá	336,34	3,30	1,54	1,54
Buriti	6470,74	72,26	33,25	33,25
Murici	1816,72	13,26	6,33	6,33
Tamarindo	108,78	1,32	0,61	0,61

<sup>1</sup> Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina E (considerando apenas  $\alpha$ -tocoferol) para crianças com idade entre 4 e 8 anos (7 mg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (15 mg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (15 mg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Os frutos de araçá, buriti e tamarindo mostraram-se como excelentes fontes de folatos para crianças podendo contribuir a partir da ingestão de 100 g de polpa com mais de 20 % das recomendações diárias. Para adultos podem ser considerados boa fonte por contribuírem com mais de 10 % e para gestantes os frutos podem ser classificados como fonte por suprirem de 5 a 10 % das recomendações diárias (Tabela 18).

**Tabela 18:** Contribuição das polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de folatos para crianças, adultos e gestantes.

Frutos	Conteúdo de folatos ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ )	% de adequação da ingestão <sup>1</sup>		
		Crianças	Adultos	Gestantes
Araçá	47,25	23,62	11,81	7,87
Buriti	53,08	26,54	13,27	8,84
Tamarindo	59,35	29,67	14,83	9,89

<sup>1</sup> Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de folatos para crianças com idade entre 4 e 8 anos (200  $\mu\text{g}$ ), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (400  $\mu\text{g}$ ) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (600  $\mu\text{g}$ ) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

#### 4.7.2. Categorização em porções

Na Tabela 19 está apresentada a contribuição de polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitaminas para crianças, adultos e gestantes em porções. As porções de polpa dos frutos foram calculadas segundo a Resolução 39/ANVISA, que recomenda a presença de 70 kcal em uma porção de frutos.

Em relação ao fruto de araçá, pode-se observar que a ingestão de apenas uma porção (16 unidades do fruto) não se destacou quanto ao suprimento diário de vitamina A e vitamina E. No entanto, para folatos, uma porção de araçá pode suprir 38 % das recomendações diárias para crianças, 19 % para adultos e 12 % para gestantes podendo ser classificado como alimento de excelente fonte para crianças e de boa fonte para adultos e gestantes (PHILIPPI, 2001).

Já o fruto de buriti se destacou quanto ao suprimento diário de vitamina A e vitamina C com a ingestão de apenas uma porção do fruto. O consumo de 4 unidades de buriti é suficiente para suprir 270 % das necessidades diárias de vitamina A para crianças, 135 % para adultos e 140 % para gestantes, sendo assim considerado excelente fonte dessa vitamina (PHILIPPI, 2001). Para vitamina C o buriti também é considerado excelente fonte, pois uma porção do fruto pode suprir 136 % das recomendações diárias para crianças, cerca de 38 %, para adultos e 40 % para gestantes.

O consumo de 4 unidades de buriti também pode proporcionar uma adequação de 40 % das recomendações de vitamina E para crianças, sendo classificado como excelente fonte e 19 % para adultos e gestantes, podendo ser considerado como boa fonte dessa vitamina. Para folatos o buriti é considerado uma boa fonte por suprir 15% das recomendações para crianças, para adultos e gestantes é classificado como alimento fonte por suprir 7 % e 5 % das recomendações, respectivamente (PHILIPPI, 2001).

Quanto ao fruto de murici observa-se um maior destaque em relação ao seu teor de vitamina C que, com a ingestão de apenas uma porção do fruto, pode contribuir com 94 % de adequação das recomendações diárias para crianças, 26 % para adultos e 29 % para gestantes, sendo assim

considerado alimento de excelente fonte dessa vitamina (PHILIPPI, 2001).

O tamarindo não se destacou quanto à sua contribuição para a adequação das recomendações diárias de vitaminas com a ingestão de apenas uma porção do fruto.

**Tabela 19:** Contribuição de polpas de frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitaminas de acordo com a porção recomendada.

Vitaminas	Frutos	Porção <sup>1</sup>		% de adequação <sup>2</sup>		
		Polpa (g)	Medida caseira (em unidades)	Crianças	Adultos	Gestantes
Vitamina A	Araçá	162	16	10,51	5,26	5,47
	Buriti	57	4	270,65	135,32	140,97
	Murici	86	30	2,87	1,43	1,48
Vitamina C	Buriti	57	4	136,66	37,96	40,19
	Murici	86	30	93,7	26,02	29,27
	Tamarindo	26	5	4,98	1,38	1,46
Vitamina E	Araçá	162	16	5,34	2,49	2,49
	Buriti	57	4	41,18	18,95	18,95
	Murici	86	30	11,40	5,44	5,44
	Tamarindo	26	5	0,34	0,15	0,15
Folatos	Araçá	162	16	38,26	19,13	12,74
	Buriti	57	4	15,12	7,76	5,03
	Tamarindo	26	5	7,71	3,85	2,27

<sup>1</sup>Calculado com base na Resolução nº 39 (ANVISA, 2001); <sup>2</sup> Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

## 5. CONCLUSÕES

O rendimento do araçá e do murici foi elevado, característica importante para o aproveitamento tecnológico dos frutos. No entanto, para o buriti e tamarindo o rendimento foi reduzido devido principalmente às proporções elevadas de casca e sementes.

As polpas dos frutos do Cerrado de Minas Gerais apresentaram excelente valor nutricional, principalmente quanto aos teores de fibra alimentar total, lipídios, carboidratos, carotenóides, vitamina C, vitamina E e

folatos.

O araçá, apesar do reduzido teor de carotenóides e vitamina E, mostrou ser excelente fonte de folatos para crianças através da ingestão de apenas uma porção, podendo contribuir assim na prevenção de anemia e má formação congênita.

A polpa de buriti apresentou elevado teor de carotenóides, vitamina C e vitamina E, sendo considerada excelente fonte desses três nutrientes por meio da ingestão de apenas uma porção, podendo contribuir na prevenção de hipovitaminose A, anemias e doenças crônico não transmissíveis devido à ação antioxidante desses compostos.

O murici apresentou-se como excelente fonte de vitamina C através da ingestão de apenas uma porção do fruto. Já o tamarindo, apesar de sua reduzida contribuição quanto aos nutrientes analisados, pode ser considerado boa fonte de folatos.

Os frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados mostraram-se como uma excelente ferramenta para o acesso a uma alimentação saudável, podendo contribuir com a adequação de ingestão tanto de macronutrientes como de micronutrientes. Por apresentarem excelente valor nutricional podem contribuir para o alcance da Segurança Alimentar e Nutricional e prevenção de várias patologias em populações nativas do Cerrado de Minas Gerais. Além disso, deve-se estimular o cultivo e consumo desses frutos por populações que habitam outras regiões.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução - RDC nº 39, de 21 de março de 2001.*

ALVES, R. E., MENEZES, J. B., HOLLAND, N. et al. Tamarindo (*Tamarindus indica* L.); Caracterização pós colheita do fruto proveniente de clima semi-árido do Nordeste. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.15, n.1, p.199-204,1993.

ARAÚJO, R. R.; SANTOS, E. D.; LEMOS, E. E. P. et al. Caracterização biométrica de frutos e sementes de Genótipos de murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich.) do Tabuleiro costeiro de Alagoas. *Revista Caatinga*, v.22, n.3, p.224-228, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16. ed. Washington, D.C., 1998.

BALL, G. F. M. *Bioavailability and analysis of vitamins in foods*. London: Chapman & Hall, 1998.

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO JR. M. *Biometria de frutos do buriti (Mauritia flexuosa L.f.- Arecaceae): estimativas de produtividade de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima*. Boa Vista: Roraima, 2009. p. 23.

BIANCHINI, R.; PENTEADO, M. V. C. *Vitamina E. In: Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos*. Barueri: Manole; 2003. p. 23-164.

BLAKEL, R. L. The biochemistry of folic acid and related pteridines *In: Frontiers of Biology*. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1969. p. 92-94.

BUSTAMANTE-RANGEL, M. et al. Determination of tocopherols and tocotrienols in cereals by pressurized liquid extraction-liquid chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* [S.I.], v. 587, n. 2, p. 216-221, 2007.

CALDEIRA, S. D.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L. et al. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* SW) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert) do estado de Mato Grosso do Sul. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v.22, n. 1, p. 145-154, 2004.

CAMPOS, F. M.; RIBEIRO, S. M. R.; DELLA LUCIA, C. M. et al. Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. *Química Nova*, v. 32, p. 87-91, 2009.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARDOSO, L. M. (2011). Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado de Minas Gerais: ocorrência e conteúdo de carotenóides e vitaminas. Viçosa, 80p. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, MG].

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. et al. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Research International*, v. 44, p. 2151-2154, 2011.

CARNEIRO, T. B.; CARNEIRO, J. G. M. Frutos e polpa desidratada buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. *Revista Verde*, v.6, n.2, p. 105 – 111, 2011.

CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER C. H. *Biometria e Rendimento Percentual de Polpa de Frutas Nativas da Amazônia*. In: Embrapa- Comunicado Técnico 139, 2005.

CATHARINO, R. R.; GODOY, H. T.; LIMA-PALLONE, J. A. Metodologia analítica para determinação de folatos e ácido fólico em alimentos. *Química Nova*, v. 29, p. 972-976, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia da maturação pós-colheita de pêras da cultivar shinsseiki*. Pesquisa Agropecuária e Manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005, 785p.

CHUN, J. et al. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *Journal of Food Composition and Analysis* [S.l.], v. 19, n. 2-3, p. 196-204, 2006.

COSTA, M. J. C.; TERTO, A. L. Q.; SANTOS, L. M. P.; et al. Efeito da suplementação com acerola nos níveis sanguíneos de vitamina C e de hemoglobina em crianças pré-escolares. *Revista de Nutrição*, v.14, n.1, p.13-20, 2001.

COSTA, T.A.; VIEIRA, R.F. *Frutas nativas do Cerrado: qualidade nutricional e sabor peculiar*, 2004. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br>>. Acesso em: 21 de novembro de 2011.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; ASQUIERI, E. R. et al. Characterization of fruits from the savanna: Araça (*Psidium guinnensis* Sw.) and Marolo (*Annona crassiflora* Mart. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 31, n. 3, p. 723-729, 2011.

DARNET, S. H.; SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C. et al. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.31, n.2, p.488-491, 2011.

DELLA LUCIA, C. M. et al. Otimização de método para análise de folatos em hortaliças folhosas por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência. *Química Nova*, v. 34, n. 2, p. 335-340, 2011.

DELLA LUCIA, C. M. et al. Controle de perdas de carotenóides em hortaliças preparadas em unidades de alimentação e nutrição hospitalar. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 13, n. 5, p. 1627-1636, 2008.

DELLA LUCIA, C. M. et al. Validação de critérios para controle de perdas de vitamina C em hortaliças preparadas em unidades de alimentação e nutrição hospitalar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 4, p. 809-816, 2008.

DEUTSCH, J. Dehydroascorbic acid - Review. *Journal of Chromatography A*, v. 881, n. 1-2, p. 299-307, 2000.

DIERKES, J.; KROESEN, M.; PIETRZIK, K. Folic acid and vitamin B6 supplementation and plasma homocysteine concentrations in healthy young women. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, v.68, p.98-103, 1998.

FUJITA, E. (2007). *Qualidade e conservação frigorificada do fruto de buriti (Mauritia flexuosa L. f.)*. Botucatu, 65p. [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, SP].

GOMES, M. M.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. Papel da vitamina A na prevenção do estresse oxidativo em recém-nascidos. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*. v. 5, n. 3, p. 275 – 282, 2005.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, A. I.; GARCÍA CARBALLO. M. M. Ácido fólico y defectos del tubo neural en Atención Primaria. *Medifam*, v. 13, n. 4, p. 305-310, 2003.

GUERRA, N. B.; DAVID, P. R. B. S.; MELO, D. D. et al. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. *Revista de Nutrição*, v.17, n. 1, p. 45-52, 2004 .

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.4, p. 817-821, 2008.

GURJÃO, K. C. O. (2006). *Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (Tamarindus indica L.)*. Areia. 145p. [Tese de Doutorado em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, PB].

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex. A. Juss.) *Revista Cerne*, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo: Instituto, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE/ENDEF. Tabela de Composição de Alimentos, 5ª ed. Rio de Janeiro, 1999.

JASTREBOVA, J.; WITTHÖFT, C.; GRAHN, A. et al. HPLC determination of folates in raw and processed beetroots. *Food Chemistry*, v. 80, p. 579–588, 2003.

KUMAR, C. S.; BHATTACHARYA, S. Tamarind Seed: Properties, Processing and Utilization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 48, p. 1-20, 2008.

LANÇAS, F. M. *Validação de Métodos Cromatográficos de Análise*. 6. ed. São Carlos: Rima, 2004.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, v.20, p.207–220, 2000.

LEE, L.; SUKNARK, K.; KLUVITSE, K. et al. Rapid liquid chromatographic assay of vitamin E and retinyl palmitate in extruded weaning foods. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 6, p. 968-972, 1999.

LIMA, A. L. S.; LIMA, K. S. C.; COELHO, M. J. et al. Avaliação dos Efeitos da Radiação Gama nos Teores de Carotenóides, Ácido Ascórbico e Açúcares do Fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L.). *Acta Amazonica*, v. 39, n.3, p. 649 – 654, 2009.

MALDONADO-ROBLEDO, G.; RODRIGUEZ-BUSTAMANTE, E.; SANCHEZ-CONTRERAS, A. et al. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 62, p. 484, 2003.

MALINOW, M.R. et al. Reduction of plasma homocyst(e)ine levels by breakfast cereal fortified with folic acid in patients with coronary disease. *New England Journal of Medicine*, v.338, n.15, p.1009-1015, 1998.

MANHÃES, L. R. T. (2007). *Caracterização da polpa de buriti (Mauritia flexuosa, Mart.) com vista sua utilização como alimento funcional*. Rio de Janeiro, 90p. [Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ.].

MARTINS, M. L. (2010). *Fenologia, produção e pós-colheita de frutos de buriti (Mauritia vinifera L. f.) em três veredas do Cerrado no estado de Goiás*.



Goiânia, 144p. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás, GO].

MELCHIOR, S. J. et al. Colheita e armazenamento de sementes de gabioba (*Campomanesia adamantium* Camb. - *Myrtaceae*) e implicações na germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 28, n. 3, p.141-150, 2006.

MILAGRES, R. C. R. M. et al. Deficiência de vitamina A em crianças no Brasil e no mundo. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, n. 5, 1253-1266, 2007.

MITTERMEIER, R. A. et al. 2004. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, Mexico City, 392p.

MMA. 2004. *Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado*. Brasília, Ministério de meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas-Núcleo dos Biomas Cerrado e Pantanal.

MOLTÓ-PUIGMARTÍ, C. et al. Effects of pasteurisation and high-pressure processing on vitamin C, tocopherols and fatty acids in mature human milk. *Food Chemistry*, v. 124, p.697-702, 2011.

MORAIS, F. L. (2006). Carotenóides: Características biológicas e químicas. Brasília, 70p. [Monografia de Especialização, Universidade Federal de Brasília, DF].

MURSU, J. et al. Intake of flavonoids and risk of cancer in Finnish men: The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *International Journal of Cancer* [S.I.], v. 123, n. 3, p. 660-663, 2008. NAIDU, K. A. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, v. 2, p. 2-7, 2003.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

OLIVEIRA, M. E.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. et al. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.19, n. 3, 1999.

PHILIPPI, S. T. *Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição*. Barueri: Manole, 2008.

PIIRONEN, V.; VARO, P.; SYVÄOJA, E. L. et al. High-performance liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols and its application to diets and plasma of Finnish men. I. Analytical method. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, v. 53, p. 35-40, 1984.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; GUINAZI, M.; OLIVEIRA, D. S. et al. Method for simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in various foods by high performance liquid chromatography and fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, v. 1218, p. 8496– 8502, 2011.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C. et al. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chemistry*, v. 61, n. 1-2, p. 145-151, 1998.

PINTO W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O. et al. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, set. 2003.

PROENÇA, C.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. *Flores e frutos do Cerrado*. Brasília: UnB, 2000, 36 p.

RAMALHO, R. A.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. *Revista Panamericana de Salud Publica*, n.12, v. 2, p.117-22, 2002.

RODRIGUES, E. T. (2004). *Frutos do Cerrado: A influência dos frutos do Cerrado na diversificação da gastronomia*. Brasília, 92p. [Especialização em Gastronomia e Segurança Alimentar, Universidade de Brasília, DF].

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods. Universidade Federal de Campinas, 1997, 99 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis*, v. 5, p. 191-225, 1989.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; RAYMUNDO, L. C.; LEE, T. C. et al. Carotenoid changes in ripening *Momordica charantia*. *Annals of Botany*, v. 40, p. 615-624, 1976.

RODRIGUEZ- AMAYA, D. B. Latin American food sources of carotenoids. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, v. 49, p. 74-84,1999.

ROSA, J. S.; GODOY, R. L. O.; OIANO NETO, J. et al. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 27, v.4, p. 837-846, 2007.

RUGGERI, S.; VAHTERISTO, L. T. et al. Determination of folate vitamers in food and in Italian reference diet by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, n. 855, v. 1, p. 237-245, 1999.

SANCHEZ-PEREZ, A.; DELGADO-ZAMARRENO, M.M.; BUSTAMANTE-RANGEL, M. et al. *Journal of Chromatography A*, v. 881, p. 229, 2000.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.) *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 351-381.

SALUNKE, D.K.; DESAI, B.B. *Postharvest Biotechnology of fruits*. Flórida, v.2, p.81-85, 1984.

SCOTT, J.; RÉBEILLE, F.; FLETCHER, J. Review: Folic acid and folates: the feasibility for nutritional enhancement in plant foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.80, p. 795-824, 2000.

SETIADIA, D. H.; CHASS, G. A.; TORDAY, L. L. et al. Vitamin E models. shortened side chain models of a, b, g and d tocopherol and tocotrienol: a density functional study. *Journal of Molecular Structure*, Amsterdam, v. 637, n. 1/3, p. 11–26, 2003.

SHANKARACHARYA, N. B. Tamarind-Chemistry, Technology and uses-a critical appraisal. *Journal of Food Technology*, v.35, n.3, p. 193-208,1998.

SILVA, G.G.; PRAÇA, E.F.; GOMES JÚNIOR, J.; ROCHA, R.H.C.; COSTA, M.L. Caracterização física e química de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, v.22, n.2, p.291-293, 2000.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural*, v. 38, n.6, 2008.

SOUSA, D. M. M. (2008). *Estudos morfo-fisiológicos e conservação de frutos e sementes de Tamarindus indica L.* Paraíba, 88p. [Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, PB].

SOUZA, S. L.; MOREIRA, A. P. B.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. et al. Conteúdo de carotenos e provitamina A em frutas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 26, n. 4, p. 453-459, 2004.

TAPIERO, H. et al. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedecine & Pharmacotherapy* [S.I.], v. 58, n. 2, p. 100-110, 2004.

TAVARES, J. T. Q. et al. Estabilidade do ácido ascababilidade do ácidop. 100-110, 2004.on of human tratamentos. *Magistra*, v. 12, n. 1/2, 2000.

TRUMBO, P.R.; YATEE, A. A.; SCHLICKEER-RENFRO, S. et al. Dietary reference intakes: revised nutritional equivalents for folate, vitamin e and provitamin a carotenoids. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.16, p. 379-382, 2003.

U. S INSTITUTE OF MEDICINE. *Dietary Reference Intakes (DRIs): Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Cromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenium, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, A. R. S. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*. 22. ed., 2009.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G.; ALVARADO, L. F.; SOLÍS, V. S. et al. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L.f, from the Peruvian Amazon. *Grasas y aceites*, v. 61, n.4, p. 390-397, 2010.

VIEIRA, R.F; AGOSTINI-COSTA, T.; SILVA, D. B. et al. *Frutas nativas da Região Centro-Oeste do Brasil*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2006, 322p.

WILLE, G. M. F. C.; MACEDO, R. E. F.; MASSON, M. L. et al. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. *Ciência Agrotécnica*, v. 28, n. 6, p. 1360-1366, 2004.

WINTHERHALTER, P.; ROUSEFF, R. *Em Carotenoid-Derived Aroma Compounds*; Wintherhalter, P.; Rouseff, R., eds.; American Chemical Society: Washington D. C., 2002, cap. 1.

YUYAMA, L. K. O.; YONEKURA, LINA; AGUIAR, JAIME P L. et al. Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia flexuosa* ) em ratos. *Acta Amazonica*, v. 284, p. 409-415, 1998.

ZERAIK, M. L.; YARIWAKE, J. H. Extração de  $\beta$ -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 1259-1262, 2008.