

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-NUTRICIONAL E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DA POLPA DE *Caryocar brasiliense* NATIVO DO ESTADO DE MATO GROSSO<sup>1</sup>

MADISON WILLY SILVA CORDEIRO<sup>2</sup>, ÂNGELO LUIZ FAZANI CAVALLIERI<sup>3</sup>, PEDRO HENRIQUE FERRI<sup>4</sup>, MARIA MARGARETH VELOSO NAVES<sup>5</sup>

**RESUMO** - O fruto do pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) apresenta considerável variabilidade em suas características físicas e químicas, segundo a região de origem, e pesquisas com frutos procedentes do Estado de Mato Grosso são escassas na literatura. Neste estudo, foram analisadas as características físicas, a composição químico-nutricional e os constituintes voláteis da polpa de pequi coletado em diferentes locais do Estado de Mato Grosso. Os frutos foram analisados quanto à cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$  e  $C^*$ ), à massa e ao rendimento do mesocarpo externo, pirênios e polpa. Foram determinados a composição centesimal, os teores de carotenoides totais, o perfil de ácidos graxos e de constituintes voláteis da polpa, e analisada a composição físico-química do solo dos locais de coleta. Constatou-se que o fruto é composto por 80-85% de mesocarpo externo, 11-15% de pirênios e 4-7% de polpa, que é rica em lipídios ( $46-51\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), carotenoides totais ( $15-27\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) – que foram associados à tonalidade e à intensidade da cor ( $h^\circ$  e  $C^*$ ) da polpa – e fibra alimentar ( $8-15\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ). Os principais constituintes voláteis da polpa de pequi foram o hexanoato de etila, (*E*)- $\beta$ -ocimeno e octanoato de etila. O isobutirato de alila, 3-hexanol, 4-metil-2-pentanol, mirceno, (*Z*)-di-hidroapofarnesol,  $\beta$ -eudesmol e (*E-E*) geranilalinalool foram descritos pela primeira vez nos óleos essenciais da polpa de *C. brasiliense*. Grande parte da variação total dos voláteis foi explicada pelo conjunto de variáveis do solo, destacando-se o silte, o P e o  $\text{Mg}^{2+}$ .

**Termos para indexação:** Pequi, composição centesimal, carotenoides, ácidos graxos, substâncias voláteis.

## PHYSICAL CHARACTERISTICS, CHEMICAL-NUTRITIONAL COMPOSITION AND ESSENTIAL OILS OF *Caryocar brasiliense* NATIVE FROM THE STATE OF MATO GROSSO

**ABSTRACT** – The fruit of pequi tree (*Caryocar brasiliense* Camb.) presents a considerable variability in both physical and chemical characteristics, according to the sampling region, and research with fruits collected in the state of Mato Grosso are scarce in the literature. In this study, it was analyzed the physical characteristics, the chemical-nutritional composition, and the volatile compounds of pequi pulp, collected from different places of the state of Mato Grosso. The fruits were analyzed according to color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$  and  $C^*$ ), mass and external mesocarp, seed (pyrenes) and pulp yield. The proximate composition, total carotenoid content, fatty acids profile and volatile compounds of the pulp were determined, and the physicochemical composition of the soil was also analyzed. It was found that the fruit is composed by 80-85% of external mesocarp, 11-15% of pyrenes and 4-7% of pulp, that is rich in lipids ( $46-51\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), total carotenoids ( $15-27\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) – which were related to the color tonality and intensity ( $h^\circ$  and  $C^*$ ) of the pulp – and dietary fiber ( $8-15\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ). The main volatile compounds of pequi pulp were ethyl hexanoate, (*E*)- $\beta$ -ocimene and ethyl octanoate. The allyl isobutyrate, 3-hexanol, 4-methyl-2-pentanol, myrcene, (*Z*)-dihydroapofarnesol,  $\beta$ -eudesmol and (*E-E*)-geranyl linalool were described for the first time in *C. brasiliense*'s pulp essential oils. Part of differences on volatile compounds could be explained by the soil variations, especially silt, P, and  $\text{Mg}^{2+}$ .

**Index terms:** Pequi, proximate composition, carotenoids, fatty acids, volatile compounds.

<sup>1</sup>(Trabalho 009-13). Recebido em: 03-01-2013. Aceito para publicação em: 20-10-2013. Suporte financeiro: CNPq (Proc. n°482961/2010-4).

<sup>2</sup>Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campo Novo do Parecis, MT, Brasil.

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia de Alimentos, Professor da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: angelo.lf.cavallieri@gmail.com

<sup>4</sup>Doutor em Ciências, Professor do Instituto de Química, UFG, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: phferri@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Doutora em Ciência dos Alimentos, Professora da Faculdade de Nutrição, UFG, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: mnaves@fanut.ufg.br

## INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos principais biomas para a conservação da biodiversidade mundial, sendo a segunda maior vegetação brasileira em área, apresentando a mais diversificada flora dentre as savanas do mundo (KLINK; MACHADO, 2005). Neste bioma, diversas espécies frutíferas destacam-se pela produção de frutos de cores e sabores exóticos, que constituem fontes alternativas de nutrientes, além de fornecer outros compostos bioativos com potencial antioxidante (ROESLER et al., 2007; SILVA et al., 2008).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) destaca-se pela elevada ocorrência no Cerrado brasileiro e pelo amplo período de produção dos frutos, que podem ser colhidos de setembro a fevereiro nas áreas que compreendem o Cerrado goiano (VERA et al., 2005). O pequi é amplamente utilizado como ingrediente básico na elaboração de pratos regionais, assim como apresenta um diversificado aproveitamento tecnológico na elaboração de produtos derivados, como pasta e óleo (ARÉVALO-PINEDO et al., 2010; MARIANO et al., 2009).

A polpa do pequi possui alto valor nutricional, sobretudo pelos teores elevados de lipídios e fibras alimentares, bem como de compostos fenólicos e carotenoides totais, superiores aos constatados em diversas frutas brasileiras (LIMA et al., 2007; ROSSO; MERCADANTE, 2007). Contudo, pesquisas sobre o perfil lipídico e a composição em carotenoides e em óleos essenciais da polpa de pequi são escassas. Além disso, os estudos disponíveis são limitados quanto à amostragem, que se restringe a frutos coletados em uma única área de Cerrado, ou mesmo procedentes de uma única planta (LIMA et al., 2007; MARIANO et al., 2009). A estratificação da amostra de frutos nativos é fundamental para a obtenção de resultados mais representativos, uma vez que estudos com pequi têm mostrado uma grande variabilidade nas características físicas e químicas dos frutos, intra e interpopulações do Cerrado (RAMOS; SOUZA, 2011; VERA et al., 2005; 2007).

Considerando a necessidade de mais pesquisas sobre as propriedades nutricionais e funcionais do pequi, o objetivo deste estudo foi analisar as características físicas, a composição químico-nutricional, incluindo os carotenoides e ácidos graxos, bem como os constituintes voláteis da polpa de pequi coletado em diferentes áreas do Estado do Mato Grosso.

## MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e localização das áreas

Os frutos analisados foram coletados na época de safra, entre os meses de novembro e dezembro de 2010, em diferentes áreas de Cerrado, no Estado de Mato Grosso, nos municípios de Cuiabá (latitude: 15°42'14" S, longitude: 56°02'39" W e altitude: 185 m), Várzea Grande (latitude: 15°34'23" S, longitude: 56°08'44" W e altitude: 173 m), Santo Antônio do Leverger (latitude: 15°51'50" S, longitude: 56°04'35" W e altitude: 166 m) e Acorizal (latitude: 15°07'22" S, longitude: 56°26'53" W e altitude: 217 m), sendo os três últimos locais distantes de Cuiabá 7; 32 e 64 km, respectivamente. Em cada local, foram selecionadas, ao acaso, seis plantas de pequi com, no mínimo, 30 metros de distância entre si, em uma área de aproximadamente 120.000 m<sup>2</sup> e que atendiam aos seguintes critérios: boa produtividade, plantas sadias, de fácil identificação e acesso. Em cada planta, foram coletados 20 frutos, com pedúnculos sem indícios de oxidação, ou seja, recém-caídos no chão, totalizando 120 frutos de pequi por localidade. Estes foram divididos aleatoriamente em três subamostras para a realização das seguintes determinações: caracterização física e análise da composição centesimal (n= 30); conteúdo em carotenoides totais (n= 30); e perfil de ácidos graxos e dos óleos essenciais da polpa (n= 60).

### Caracterização física dos frutos

Os pequis foram analisados quanto às massas (g) do fruto inteiro, do mesocarpo externo (casca), dos pirênios e da polpa, utilizando-se de uma balança semianalítica (marca Marte, modelo UX4200H), com precisão de 0,1g. A análise da cor da polpa foi realizada em colorímetro modelo *Color Quest II (Sphere)* (Hunter Lab Reston, VA), no modo CIE L\*, a\*, b\*, com medição em três diferentes pontos dos pirênios (VERA et al., 2005). Em seguida, os valores obtidos para as coordenadas a\* e b\* foram usados para calcular o ângulo hue (h° - ângulo de cor) e C\* (cromaticidade), por meio das fórmulas (MCGUIRE, 1992):

$$h^{\circ} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

Após a análise da coloração da polpa, os pirênios foram despulpados manualmente, utilizando-se de facas de aço inoxidável, embalados em sacos plásticos e armazenados a -18 °C até o momento de realização das análises químicas.

Determinação da composição centesimal da

polpa de pequi

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico, com a pesagem das amostras antes e após sua secagem em estufa a 105 °C; teor de nitrogênio, pelo método de micro-kjeldahl e convertido em proteína bruta (g), utilizando-se do fator 6,25 (AOAC, 2002); resíduo mineral fixo por incineração em mufla a 550 °C; fibra alimentar total, conforme método enzimico-gravimétrico (AOAC, 2002) e lipídios totais, extraídos por meio da técnica de Bligh e Dyer (1959). Os carboidratos foram determinados por diferença, subtraindo-se de 100 g os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, resíduo mineral fixo e fibra alimentar total. Os valores energéticos das amostras foram obtidos, multiplicando-se as porcentagens de proteínas, lipídios e carboidratos pelos fatores de conversão de Atwater de 4; 4 e 9, respectivamente (MERRILL; WATT, 1973). A composição centesimal das polpas de pequi foi determinada em três replicatas.

#### **Análise de carotenoides totais da polpa de pequi**

O conteúdo de carotenoides totais na polpa de pequi foi determinado de acordo com o método descrito por Higby (1962). Cerca de 1,0 g de amostra fresca adicionado de 0,1% de BHT foi homogeneizado com 25 mL de acetona resfriada (4 °C) para a extração dos carotenoides e o extrato submetido à filtração a vácuo, repetidamente, até que o resíduo se tornasse incolor. Em um funil de separação contendo éter de petróleo e água destilada, o resíduo foi lavado por três vezes consecutivas para a completa remoção da acetona, e a fração etérea foi seca com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro e transferida para um balão volumétrico e completado para 100 mL. Em seguida, realizou-se a leitura por varredura em espectrofotômetro (marca Jasco, modelo V-630), entre 250 e 700 nm, e o maior valor de absorvância observado foi utilizado para a determinação dos teores de carotenoides totais, os quais foram calculados considerando a absorvância a 1,0 g. mL<sup>-1</sup> da anteraxantina, cujo coeficiente de extinção é 2350 (CHISTÉ; MERCADANTE, 2012). As extrações e determinações foram realizadas em triplicata; e os resultados, expressos em mg de carotenoides por 100 g de polpa fresca.

#### **Determinação do perfil de ácidos graxos da polpa de pequi**

Os lipídios totais das amostras de polpa fresca de pequi foram extraídos pelo método Bligh e Dyer (1959). Homogeneizaram-se 5 g de amostra com 20 mL de metanol, 10 mL de clorofórmio e 8 mL de água. Tubos com capacidade de 30 mL contendo a mistura foram agitados, em agitador rotativo, a 150 rpm, por 30 min. Em seguida, procedeu-se à separação da camada clorofórmica e filtração em papel-filtro para a obtenção dos lipídios. Os ácidos graxos foram quantificados de acordo com Joseph e Ackman (1992), em duas replicatas. As análises foram realizadas em cromatógrafo gasoso (Finnigan Focus GC Thermo Eletro Corporation) com detector de ionização em chamas e coluna capilar (Restek – crossbond polietilenoglicol – 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Empregou-se a temperatura entre 130 °C e 225 °C (1,0 °C. min<sup>-1</sup>) para o forno, 220 °C para o injetor e 230 °C para o detector. Os cromatogramas foram obtidos por meio da injeção manual de 1,0 µL da amostra em duplicata, e a identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção e coinjeção com padrões. Os cálculos da quantidade de ácidos graxos foram feitos a partir dos fatores de correção para a resposta diferencial do detector e para conversão de éster metílico para ácido graxo.

#### **Análise química dos óleos essenciais da polpa de pequi**

Três amostras de polpa de pequi (aproximadamente 200 g de massa fresca) de cada local de coleta foram submetidas, isoladamente, à hidrodestilação em aparelho do tipo *Clevenger*; durante 2 horas. Ao final de cada processo, os óleos essenciais foram recolhidos com 0,3 mL de hexano, secos com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro e armazenados a -18 °C até o momento das análises, conforme descrito por Damiani et al. (2009).

A análise química foi efetuada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria quadrupolar de massas (CG/EM) em um equipamento QP5050A (Shimadzu), utilizando-se de uma coluna capilar de sílica fundida CBP-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), mantendo-se um fluxo de 1,0 mL min<sup>-1</sup> de hélio como gás de arraste, e aquecimento com temperatura programada (60 até 246 °C com um gradiente de 3 °C min<sup>-1</sup> e, em seguida, até 262 °C com um gradiente de 20 °C min<sup>-1</sup>). A energia de ionização foi de 70 eV, sendo o volume de injeção da amostra de 0,8 µL diluídas em hexano (aproximadamente 20%). A análise qualitativa foi conduzida no modo varredura, com um

intervalo de massas de 40–400 Da, com uma divisão de fluxo de 1:20 e a uma velocidade de 1,0 varredura  $s^{-1}$ . As temperaturas do injetor e da interface foram mantidas em 220 °C e 240 °C, respectivamente. A análise quantitativa foi obtida pela integração do Cromatograma Total de Íons (TIC). A identificação dos constituintes foi realizada por comparação (automática e manual) dos espectros de massas com os da biblioteca digital da *National Institute of Standards and Technology* (NIST), além da comparação dos espectros de massas e dos índices de retenção calculados com os da literatura (ADAMS, 2007). Os índices de retenção foram calculados mediante co-injeção com uma mistura de hidrocarbonetos lineares  $C_8-C_{32}$  (Sigma) e com aplicação da equação de Van Den Dool e Kratz (1963).

### **Análise físico-química do solo dos locais de coleta**

Amostras de solo com profundidade de 0-20 cm foram coletadas em todas as localidades. Três amostras de solo foram recolhidas em torno da copa de cada árvore e reunidas de modo a formar uma amostra composta para cada local de coleta dos frutos. As análises químicas foram conduzidas no Laboratório de Análises de Solos e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), seguindo metodologia padronizada (SILVA, 1999). Os resultados da textura (areia, silte e argila), matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, pH, acidez potencial ( $H+Al^{3+}$ ) e os macronutrientes (P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$ ) foram organizados em matriz ambiental, com as linhas representando as populações e as variáveis edáficas nas colunas.

### **Análise estatística**

Os resultados das análises físicas e químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) foi aplicado para a comparação entre os valores médios. A associação entre os teores de carotenoides totais e os parâmetros de cor da polpa ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $hue^\circ$  e  $C^*$ ) foi investigada por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Os cálculos estatísticos univariados foram efetuados nos programas Excel (versão 2007) e STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., versão 2004, Tulsa, EUA).

Os percentuais dos constituintes químicos dos óleos essenciais e de suas classes biossintéticas foram organizados em matriz química com as linhas representando as amostras das populações e com as variáveis químicas nas colunas (matriz de dimensão  $12 \times 25$ ). Para medir o grau de variabilidade

química dos voláteis, aplicou-se a análise de redundância canônica (RDA) aos constituintes químicos dos óleos essenciais (variáveis de resposta), condicionados pelas variáveis físico-químicas do solo (variáveis explicativas) dos locais de coleta das amostras. Na RDA, cada eixo de ordenação canônica corresponde a uma direção na dispersão multivariada dos constituintes dos óleos essenciais, que é maximamente relacionado a uma combinação linear das variáveis explicativas ambientais (LEPS; SMILAUER, 2007). A correlação óleo essencial-ambiente é igual à correlação entre os escores dos locais de amostragem que são somas ponderadas dos constituintes voláteis e dos escores dos locais de coleta que, por sua vez, são combinações lineares de variáveis ambientais. Um teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações) foi utilizado para avaliar a significância dos autovalores dos dois primeiros eixos canônicos. Adicionalmente, a análise de discriminante canônico (CDA) foi usada para validar os agrupamentos de indivíduos (populações) sugeridos pela RDA. A capacidade preditiva das funções discriminantes foi avaliada pela técnica de validação cruzada. A RDA e a CDA foram conduzidas nos programas CANOCO 4.5 (Microcomputer Power, NY, EUA, 2002) e SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1996), respectivamente. Antes das análises estatísticas multivariadas, os constituintes químicos voláteis, a textura (areia, silte e argila) e a matéria orgânica do solo foram convertidos pela transformação angular. Os macronutrientes dos solos foram transformados pelo  $\log(x + 1)$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Características físicas**

A maior média de massa do fruto inteiro foi obtida nas amostras de Santo Antônio do Leverger, enquanto Acorizal apresentou a menor média para esta variável entre os demais locais de coleta (Tabela 1). A média geral, obtida dos frutos de todos os locais estudados (154 g), foi superior à relatada para *C. brasiliense* (125,06 g) do Estado de Goiás (VERA et al., 2005). A massa do mesocarpo externo (casca) variou entre os locais estudados (Tabela 1), e a média geral (aproximadamente 130 g) foi superior, em cerca de 30%, à massa média da casca de frutos de pequizeiro oriundos de diferentes localidades do Cerrado goiano (95,5 g) (VERA et al., 2005). Esta variação nas características físicas pode ser explicada pelas diferenças nas condições edafoclimáticas entre os locais de coleta e pela procedência dos frutos, e, por isso, naturalmente se diferem quanto às suas

características físicas (VERA et al., 2007).

Quanto ao rendimento, o mesocarpo externo representou cerca de 80% da massa de pequi (Tabela 1). Destaca-se que valores mais elevados de massa e rendimento de mesocarpo externo, observados nos frutos de Cuiabá e Santo Antônio do Leverger, indicam frutos grandes, porém com baixo rendimento da parte comestível e, portanto, menos promissoras para industrialização. A massa do pirênio também foi influenciada pelos diferentes locais de coleta dos frutos. Ainda, observou-se que os frutos de pequizeiro analisados continham 12% de pirênios e 5% de polpa que, por sua vez, correspondeu aproximadamente à metade da massa dos pirênios (Tabela 1).

O local de coleta dos frutos influenciou nos parâmetros de cor da polpa (Tabela 2). Os valores da coordenada  $L^*$ , que representa o quão claro ou escuro é o pequi, destacou-se pela elevada variabilidade entre as amostras estudadas. Os frutos de pequizeiro de Santo Antônio do Leverger caracterizaram-se por apresentar menor brilho, enquanto o maior valor médio de  $L^*$  (Várzea Grande) indica polpa de pequi com maior brilho. Os frutos de Santo Antônio do Leverger e Acorizal apresentaram as maiores médias de  $a^*$ , indicando frutos mais vermelhos (Tabela 2). Já as maiores médias de  $b^*$  (cor amarela) foram obtidas dos frutos de Cuiabá e Várzea Grande, que se assemelham aos valores reportados para pequizeiros do Estado de Goiás, que foi de 85,5 (VERA et al., 2005). As maiores médias dos parâmetros hue e croma foram obtidas das amostras de Cuiabá e Várzea Grande (Tabela 2), que apresentaram maior tonalidade e intensidade da cor amarela, típica da polpa de pequi. De acordo com estes parâmetros, os frutos procedentes destas localidades são mais recomendados para o comércio *in natura* e para utilização em produtos derivados, uma vez que a cor se constitui em um dos principais atributos sensoriais dos alimentos.

### Composição centesimal

As polpas de pequi das quatro localidades do Estado de Mato Grosso apresentaram alto teor de umidade (46 a 51 g 100 g<sup>-1</sup> de massa fresca), o que, para as agroindústrias, constitui uma informação importante para a conservação de produtos derivados, por serem mais suscetíveis ao desenvolvimento microbológico. Ao contrário, o conteúdo de proteínas foi baixo (Tabela 3), como esperado para polpas de frutos, porém superior ao relatado para diversas frutas nativas do Cerrado, como araçá (0,50 g 100 g<sup>-1</sup>), araticum (1,22 g 100 g<sup>-1</sup>), caju-do-cerrado (1,18 g 100 g<sup>-1</sup>), mangaba (1,20 g 100 g<sup>-1</sup>)

e murici (0,72 g 100 g<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2008). Os diferentes locais de coleta não influenciaram nos teores de proteínas do fruto, e pouco influenciaram nos teores de cinzas das polpas de pequi (Tabela 3). O conteúdo em cinzas sugere que a polpa de pequi é fonte de minerais. Mariano-da-Silva et al. (2009) reportaram, para *C. brasiliense* coletados no Estado de Goiás, teores consideráveis de macro (nitrogênio, potássio e fósforo) e microminerais (zinco e ferro), sugerindo o pequi como fonte alternativa complementar de minerais para a alimentação humana.

Em relação ao conteúdo de lipídios, os frutos de Várzea Grande e Cuiabá apresentaram os maiores teores deste componente, sendo todos os teores médios observados (Tabela 3) compatíveis com amostras do Piauí (33,40 g 100 g<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2007), e superiores aos valores encontrados em amostras do Estado de Goiás (20,02 g 100 g<sup>-1</sup>) (VERA et al., 2007). Destaca-se, porém, que os altos teores de umidade e lipídios tornam a polpa de pequi bastante propícia às deteriorações microbiológicas e oxidativas, com influência direta nas características químicas e sensoriais dos frutos. Em contrapartida, os altos teores de lipídios da polpa de pequi têm grande importância econômica, tanto para as populações locais, que comercializam o óleo em sua forma *in natura* ou como substituto da margarina, quanto para as agroindústrias, que utilizam o óleo de pequi na formulação de produtos cosméticos (ARAÚJO, 1995).

O conteúdo de fibras na polpa foi influenciado pelos diferentes locais de coleta dos frutos. Entretanto, todas as amostras apresentaram elevados teores de fibra alimentar total (8 a 15 g 100 g<sup>-1</sup>), especialmente de fibra insolúvel, sendo os maiores valores observados nos frutos de Cuiabá e Santo Antônio do Leverger (Tabela 3), compatíveis com o valor relatado para polpa de pequi do Estado do Piauí (10,02 g. 100 g<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2007). Altos teores de fibras nos alimentos são desejáveis devido aos seus efeitos benéficos no organismo, sobretudo reduzindo a absorção de macronutrientes, como o colesterol, pelo aumento da viscosidade do conteúdo luminal e alteração do tempo de trânsito intestinal (KACZMARCZYK et al., 2012).

A polpa apresentou elevado valor energético (290 a 330 kcal 100 g<sup>-1</sup>), cujos resultados são próximos aos descritos na literatura para *C. brasiliense* (358,4 kcal 100 g<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2007) e *C. coriaceum* (319,28 kcal. 100 g<sup>-1</sup>) (RAMOS; SOUZA, 2011). Contudo, os valores calóricos das polpas de pequi são superiores aos de diversas frutas nativas do Cerrado brasileiro, como araçá (37,09 kcal

100 g<sup>-1</sup>), araticum (90,47 kcal 100 g<sup>-1</sup>), cagaita (20,01 kcal 100 g<sup>-1</sup>), caju-do-cerrado (38,27 kcal 100 g<sup>-1</sup>), mangaba (66,21 kcal 100 g<sup>-1</sup>), murici (46,43 kcal 100 g<sup>-1</sup>) e pitomba (56,35 kcal 100 g<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2008). Assim sendo, os frutos analisados neste estudo podem contribuir de forma significativa com o aporte calórico das populações que consumirem a polpa de pequi. Nesse sentido, cerca de 60 g de polpa de pequi (correspondente a 7-8 pirênios, conforme dados da Tabela 1) fornecem em torno de 10% das calorias necessárias para um indivíduo adulto, considerando uma dieta com aproximadamente 2.000 kcal/dia.

### Conteúdo em carotenoides totais

Em relação ao conteúdo em carotenoides das amostras, os frutos de Cuiabá e Várzea Grande apresentaram valores médios de 27,03 ± 1,11 mg 100 g<sup>-1</sup> e 24,93 ± 1,47 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente (valores não diferem entre si, p>0,05). Estes resultados foram superiores aos constatados nas polpas de pequi de Acorizal (15,52 ± 0,05 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Santo Antônio do Leverger (18,70 ± 1,32 mg 100 g<sup>-1</sup>), que por sua vez diferiram entre si (p<0,05). Estas diferenças podem ser atribuídas, em parte, às diferenças ambientais entre os locais de coleta. O fato de os pequis de Cuiabá e Várzea Grande terem apresentado época de maturação mais tardia, com pequis caindo ao chão no final do mês de dezembro, provavelmente proporcionou aos frutos maior exposição à radiação solar e, conseqüente, aumento da biossíntese e do conteúdo de carotenoides nas polpas (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993). Já os pequizeiros de Acorizal e Santo Antônio do Leverger foram coletados em novembro e estavam em áreas de mata fechada, o que pode ter determinado menor incidência solar e, conseqüentemente, menor teor de carotenoides nas polpas dos frutos procedentes destas duas localidades. Por outro lado, em relação à precipitação pluviométrica e à temperatura máxima média anual, houve pouca variação entre as localidades em que os frutos foram coletados, segundo informações disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em termos gerais, os frutos de pequi analisados são ricos em carotenoides (média de 21,55 mg 100 g<sup>-1</sup>), cujos teores são superiores aos constatados nas polpas de *C. brasiliense* do Estado do Piauí (7,25 mg 100 g<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2007), e de *C. villosum* procedente do Estado do Pará (2 mg 100 g<sup>-1</sup>) (CHISTÉ; MERCADANTE, 2012). Além disso, as polpas de pequi analisadas apresentaram teores de carotenoides superiores aos de outros frutos, tais como pupunha (13 mg. 100 g<sup>-1</sup>), tucumã (6,27

mg 100 g<sup>-1</sup>) e pitanga (11,10 mg 100 g<sup>-1</sup>) (ROSSO; MERCADANTE, 2007). Não houve correlação significativa entre os teores de carotenoides totais e os valores médios de L\* (p=0,069) e a\* (p=0,242) da polpa de pequi (Tabela 2). Por outro lado, os teores de carotenoides totais correlacionaram-se positivamente com os valores médios dos parâmetros b\* (p=0,022), h° (p=0,006) e C\* (p=0,001).

Constatou-se, no presente estudo, uma variação nos teores de carotenoides do pequi procedente de diferentes locais do Estado de Mato Grosso. Considerando esta diversidade e a importância dos carotenoides para a saúde, bem como para a comercialização e uso tecnológico do pequi, é necessário realizar estudos com amostras de frutos nativos de diferentes regiões, para melhor conhecimento do potencial desse fruto como fonte dos diversos tipos de carotenoides, incluindo os pró-vitâmicos A.

### Perfil de ácidos graxos

A polpa de pequi, de todas as amostras analisadas, apresentou elevados teores de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (Tabela 4). Os teores de ácido palmítico constatados em todas as amostras foram superiores aos reportados para *C. brasiliense* nativos do Piauí (35,17 g 100 g<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2007), porém inferiores aos encontrados em pequi do norte de Mato Grosso (43,61 g 100 g<sup>-1</sup>) (MARIANO et al., 2009). Esta variação pode ser justificada pelas diferenças nas condições edafoclimáticas entre as diferentes regiões e respectivos locais de coleta dos frutos. Foi constatada certa variabilidade na composição de ácidos graxos da polpa de pequi, uma vez que os frutos procedentes de Várzea Grande apresentaram os menores teores de ácidos graxos saturados, e aqueles oriundos de Santo Antônio do Leverger e Acorizal apresentaram as maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados, em comparação aos demais locais de coleta (Tabela 4). Quanto ao ácido graxo oleico, os resultados do presente estudo são compatíveis aos observados em polpas de *C. brasiliense* procedentes de Mato Grosso (MARIANO et al., 2009) e Piauí (LIMA et al., 2007), de 54,55 e 55,87 mg 100 g<sup>-1</sup> de lipídio, respectivamente; e com os reportados por Sena Júnior et al. (2010) para *C. coriaceum*, que variaram entre 55,79 e 64,21 mg 100 g<sup>-1</sup> de lipídio. Vale ressaltar que alimentos ricos em ácidos graxos monoinsaturados são favoráveis à saúde, pois apresentam efeito cardioprotetor e contribuem para um bom perfil lipídico sérico, além de regular os níveis de pressão arterial (GILLINGHAM et al., 2011). Por tudo isso,

é necessário investigar melhor as diferenças na qualidade lipídica das polpas de pequi e seus fatores determinantes.

### Perfil químico dos óleos essenciais

Foram identificados 21 constituintes químicos em todas as polpas de pequi, sendo os ésteres (55-87%) a principal classe química identificada, seguidos pelos terpenos, majoritariamente representados pelos hidrocarbonetos monoterpênicos (10-28%), e outros constituintes, como alcoóis não terpênicos (1-14%) (Tabela 5). Esses resultados são similares aos de outras frutas tropicais, como cupuaçu, caju e murici, nas quais os ésteres são os principais constituintes voláteis da polpa (FRANCO; JANZANTTI, 2005; REZENDE; FRAGA, 2003). Os principais constituintes identificados foram o hexanoato de etila (valor médio=  $55,92 \pm 25,10\%$ ), (*E*)- $\beta$ -ocimeno ( $17,65 \pm 11,88\%$ ) e octanoato de etila ( $4,79 \pm 5,07\%$ ). Em outros estudos com frutos de pequi, o hexanoato de etila e o octanoato de etila também foram os componentes majoritários (52,9% e 4,6%, respectivamente) e descritos como os constituintes de impacto no aroma do pequi (DAMIANI et al., 2009; MAIA et al., 2008). Entretanto, diversos constituintes voláteis podem influenciar no aroma do pequi, inclusive aqueles que não estejam em concentrações mais elevadas. Somente por meio de análises olfatométricas é possível elucidar a importância odorífera de cada substância volátil identificada. Apesar de uma intensa sensação odorífica nas amostras, os rendimentos dos óleos essenciais foram baixos ( $0,005\% \pm 0,004$ ). Dos constituintes identificados, o isobutirato de alila, 3-hexanol, 4-metil-2-pentanol, mirceno, (*Z*)-di-hidroapofarnesol,  $\beta$ -eudesmol e (*E,E*)-geranilalinalool (Tabela 5) não haviam sido descritos no perfil volátil do pequi.  $\beta$ -Eudesmol, o único sesquiterpeno oxigenado e não encontrado usualmente em frutos, foi identificado nas amostras de Várzea Grande. Outras diferenças significativas foram observadas entre as amostras, porém em constituintes de ocorrência minoritária (Tabela 5).

Os resultados de RDA indicaram forte correlação entre os dois conjuntos de variáveis ( $R_{RDA1} = 0,960$ ,  $R_{RDA2} = 0,896$ ), com 62,6% da variância total no conjunto dos voláteis explicada pelo conjunto de variáveis edáficas, destacando-se as variáveis silte, P e  $Mg^{2+}$  do solo. Dessa variância total explicada, 84% encontram-se representados no primeiro plano fatorial da RDA (Figura 1). O teste de permutação de Monte Carlo sobre os dois eixos canônicos da RDA indicaram que a estrutura dos dados é significativa

(RDA1:  $F = 4,005$ ,  $p < 0,002$ ; RDA2:  $F = 3,287$ ,  $p < 0,015$ ), ou seja, não se deve a efeitos aleatórios.

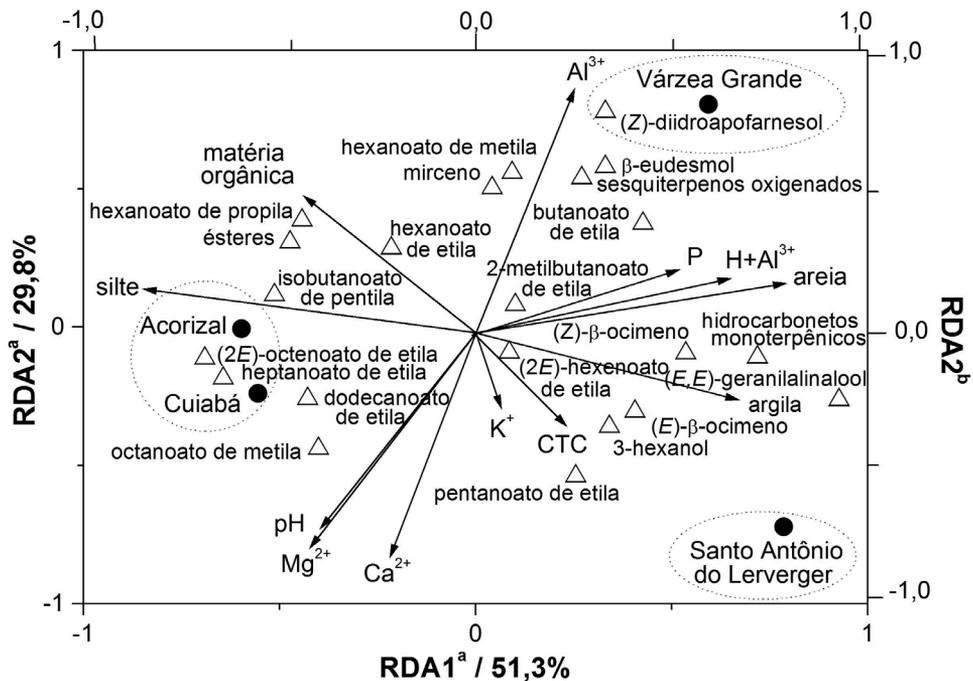
A saturação por alumínio no solo ( $Al^{3+}/H+Al^{3+}$ ) apresentou uma forte relação com as amostras de Várzea Grande (Figura 1). Considerando os dados dos nutrientes do solo, é possível inferir que essa população se adaptou a solos com baixa fertilidade natural, conseguindo aproveitar os elementos nele absorvidos. Por outro lado, as amostras dos outros locais apresentaram forte relação com solos mais férteis. Na análise da RDA, a RDA1 claramente se correlacionou com as classes metabólicas dos constituintes voláteis. Os ésteres ocorreram especialmente em solos ricos em silte (Cuiabá e Acorizal), enquanto os terpenoides se acumularam principalmente nos óleos essenciais das populações de Santo Antônio do Leverger e Várzea Grande. A RDA2, por sua vez, separou essas duas últimas populações de acordo com o conteúdo de hidrocarbonetos monoterpênicos e alcoóis não terpênicos, relacionados ao maior teor de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  do solo (Santo Antônio do Leverger) ou do sesquiterpeno oxigenado ( $\beta$ -eudesmol) em Várzea Grande, com solos ricos em  $Al^{3+}$  e P. A análise de discriminante canônica (CDA) sobre a matriz química confirmou os três agrupamentos sugeridos pela RDA, utilizando apenas os conteúdos de octanoato de etila, (*E*)- $\beta$ -ocimeno e (*Z*)-di-hidroapofarnesol como variáveis preditivas. O modelo apresentou alta correlação canônica ( $R_{CDA} = 0,950$ ) e um  $\lambda$  de Wilks significativo ( $\Lambda = 0,023$ ;  $p < 0,0001$ ), o qual é uma medida da diferença dos grupos e não de amostras individuais. A primeira função discriminante distinguiu as amostras de Várzea Grande pelo teor de (*Z*)-di-hidroapofarnesol, enquanto a segunda função discriminante separou as amostras provenientes de Cuiabá e Acorizal das de Santo Antônio do Leverger pelos escores de octanoato de etila e (*E*)- $\beta$ -ocimeno, respectivamente. Além disso, foi possível a classificação correta de todas as amostras, com base apenas nessas três variáveis, utilizando a validação cruzada como técnica de reamostragem.

Todos esses resultados podem ser correlacionados com outros fatores que não a influência edáfica, tal como as pressões bióticas que podem modular os voláteis, a influência de polinizadores, patógenos e herbívoros ou diferenças genéticas (LANGENHEIM, 1994; ROBLES; GARZINO, 2000). Alguns estudos descreveram os efeitos de nutrientes na biossíntese dos constituintes dos óleos essenciais e incluem a influência da aplicação de fertilizantes e de micronutrientes sobre o teor e os conteúdos dos óleos essenciais de manjerona, menta,

gerânio e alecrim (EL-SAWI; MOHAMED, 2002; ROBLES; GARZINO, 2000; SRIVASTAVA et al., 2002). A correlação positiva entre terpenos e íons metálicos está em concordância com os efeitos da aplicação foliar de fertilizantes nos óleos essenciais de cominho (EL-SAWI; MOHAMED, 2002). Estes efeitos estão associados a um requisito estrito para sesquiterpeno-sintases por íons metálicos como cofatores, que também influenciam no número de subprodutos obtidos a partir dessas reações (DUARTE et al., 2012). Em relação a P e os constituintes do óleo essencial, tem sido descrito que sua disponibilidade reduzida provoca aumento da produção de metabólitos secundários sob condições controladas (ROCA-

-PÉREZ et al., 2005). Em contraste, o acúmulo de terpenoides também foi relacionado com um elevado teor de P no solo, ou quando meios de cultura foram suplementados com P (KOSÍNSKI, 1996).

Os constituintes voláteis podem, ainda, fornecer uma defesa constitutiva, por dissuadir potenciais herbívoros, ou atuar em uma resposta induzida a herbivoria, atraindo predadores ou parasitas. Estes achados são de grande importância, uma vez que permitem a diferenciação de frutos de acordo com seus constituintes voláteis e fornecem subsídios para programas de conservação e melhoramento genético, bem como para otimização do processamento dos frutos.



**FIGURA 1** - Gráfico da análise de redundância canônica (RDA) dos constituintes químicos e classes biossintéticas dos óleos essenciais dos frutos ( $\Delta$ ) e das características do solo (vetores) de quatro populações de *Caryocar brasiliense* ( $\bullet$ ), com as elipses descrevendo os grupos naturais de amostras.

<sup>(a)</sup>Eixos dos escores das amostras e <sup>(b)</sup>dos pesos das variáveis. Os valores percentuais representam a fração da variância total retida em cada eixo da RDA.

**TABELA 1** - Características físicas dos frutos de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes locais do Estado de Mato Grosso.

Variável <sup>1</sup>	Cuiabá	Santo Antônio do Leverger	Acorizal	Várzea Grande	Média Geral
<u>Fruto inteiro</u>					
massa (g)	139,63 ± 40,15b	187,10 ± 41,36a	77,91 ± 18,07c	137,29 ± 36,33b	154 ± 68,13 (44,05)
<u>Mesocarpo externo</u>					
Massa (g)	140 ± 64,91a,b	161,95 ± 61,43a	87,05 ± 29,95c	121,03 ± 46,62b,c	127,68 ± 58,77 (46,03)
Rendimento (%) <sup>2</sup>	84,30 ± 1,23a	84,54 ± 2,15a	82,04 ± 5,75a,b	80,40 ± 3,08b	82,71 ± 6,44 (7,78)
<u>Pirênio</u>					
massa (g)	16,63 ± 4,59b	18,74 ± 3,33a,b	12,40 ± 4,08c	19,91 ± 4,19a	16,92 ± 4,93 (29,14)
Rendimento (%) <sup>2</sup>	11,39 ± 3,88b	11,05 ± 4,21b	12,10 ± 5,59a,b	14,64 ± 5,97a	12,37 ± 5,01 (40,53)
<u>Polpa</u>					
Massa (g)	6,61 ± 2,26b	7,00 ± 1,50b	5,52 ± 2,10b	9,51 ± 2,38a	7,89 ± 3,91 (49,55)
Rendimento/fruto (%) <sup>2</sup>	4,67 ± 1,15b	4,30 ± 1,31b	5,75 ± 2,79a,b	6,85 ± 3,14a	5,39 ± 2,46 (45,58)
Rendimento/pirênio (%) <sup>3</sup>	47,25 ± 26,16a	42,28 ± 15,45a	50,25 ± 24,71a	50,27 ± 21,06a	47,51 ± 22,20 (46,71)

<sup>1</sup> Valores constituem média ± desvio-padrão (coeficiente de variação) de 30 frutos de cada região. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05); <sup>2</sup> Relação entre massa do mesocarpo externo, pirênio ou polpa e massa de fruto inteiro; <sup>3</sup> massa de polpa/massa de pirênio x 100.

**TABELA 2** – Parâmetros de cor da polpa de frutos de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes locais do Estado de Mato Grosso.

Região <sup>1</sup>	L*	a*	b*	h°	C*
Cuiabá	57,43 ± 3,58b	39,90 ± 2,94b	98,11 ± 5,50a	67,94 ± 4,17a	106,06 ± 3,26a
Santo Antônio do Leverger	48,65 ± 4,44d	41,25 ± 1,56a	83,63 ± 7,52c	63,32 ± 4,06b	93,65 ± 5,41c
Acorizal	52,10 ± 5,93c	41,86 ± 3,97a	88,57 ± 9,01b	64,12 ± 5,94b	98,73 ± 5,85b
Várzea Grande	60,08 ± 4,65a	37,27 ± 4,32c	98,96 ± 7,49a	69,38 ± 3,92a	105,93 ± 6,73a

<sup>1</sup> Valores constituem média ± desvio-padrão de 30 frutos de cada região. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05).

**TABELA 3** - Composição centesimal e valor energético<sup>1</sup> de polpa de frutos de pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes locais do Estado de Mato Grosso.

Componente (g 100 g <sup>-1</sup> de massa fresca)	Cuiabá	Santo Antônio do Leverger	Acorizal	Várzea Grande
Umidade	46,80 ± 0,38b	45,73 ± 0,10c	47,28 ± 0,29b	50,62 ± 0,50a
Lipídios	30,30 ± 1,04a	27,46 ± 0,72b	27,06 ± 0,76b	32,40 ± 0,75a
Proteína	1,77 ± 0,01a	2,63 ± 0,23a	2,98 ± 0,08a	3,30 ± 0,14a
Carboidratos	4,81	9,01	15,82	5,15
Fibra alimentar total	14,06 ± 0,42a	14,71 ± 0,04a	8,04 ± 0,17b	7,99 ± 0,23b
Fibra insolúvel	12,97 ± 0,52a	10,70 ± 0,00b	5,83 ± 0,03d	7,31 ± 0,26c
Fibra solúvel	1,08 ± 0,10c	4,01 ± 0,04a	2,21 ± 0,14b	0,68 ± 0,03d
Cinzas	0,57 ± 0,04a	0,46 ± 0,03b	0,51 ± 0,03a,b	0,54 ± 0,01a,b
Valor energético (kcal 100 g <sup>-1</sup> )	303,86	293,70	313,90	325,40

<sup>1</sup> Valores constituem média ± desvio-padrão de três repetições. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05).

**TABELA 4** - Componentes principais dos ácidos graxos encontrados na polpa de frutos de pequiizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes locais do Estado de Mato Grosso.

Ácido graxo <sup>1</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> de lípidios)	Cuiabá	Santo Antônio do Leverger	Acorizal	Várzea Grande
<b>Saturados</b>	<b>43,33 ± 0,45a</b>	<b>43,19 ± 0,16a</b>	<b>43,07 ± 0,10a</b>	<b>39,32 ± 0,38b</b>
Palmítico C16:0	40,71 ± 0,415a	40,50 ± 0,177a	40,37 ± 0,115a	36,83 ± 0,343b
Estearíco C18:0	2,21 ± 0,030b	2,28 ± 0,006 a,b	2,30 ± 0,009a	2,08 ± 0,023c
Araquídico C20:0	0,12 ± 0,002c	0,17 ± 0,004a	0,14 ± 0,005b	0,14 ± 0,003b
<b>Monoinsaturados</b>	<b>46,55 ± 0,91b</b>	<b>51,00 ± 0,00a</b>	<b>52,65 ± 0,15a</b>	<b>47,70 ± 0,53b</b>
Palmitoleico C16:1 n7	1,32 ± 0,004a	1,02 ± 1,025c	0,96 ± 0,002d	1,10 ± 0,008b
Oleico C18:1 <i>cis</i> n9	44,85 ± 0,916b	49,83 ± 0,006a	51,55 ± 0,151a	46,46 ± 0,512b
Eicosamonoenoico C20:1 n9	0,27 ± 0,002a	0,15 ± 0,002b	0,14 ± 0,002b	0,14 ± 0,004b
<b>Poli-insaturados</b>	<b>1,93 ± 0,01a</b>	<b>1,15 ± 0,00b</b>	<b>1,01 ± 0,00c</b>	<b>1,00 ± 0,00c</b>
Linoleico C18:2 <i>cis</i> n6	1,04 ± 0,023b	1,13 ± 0,001a	1,01 ± 0,004b,c	0,98 ± 0,000c
Docosaexahenoico C22:6 n3	0,01 ± 0,001b	0,02 ± 0,001a	nd	0,01 ± 0,001

<sup>1</sup> Valores constituem média ± desvios-padrão de duas repetições. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05); nd = ácidos graxos não detectados.

**TABELA 5** - Percentual dos constituintes presentes nos óleos essenciais da polpa de frutos de pequiizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes locais do Estado de Mato Grosso.

Constituinte <sup>1</sup>	IR	Cuiabá	Santo Antônio do Leverger	Acorizal	Várzea Grande
Butanoato de etila	–	<b>0,57 ± 0,75a</b>	<b>1,06 ± 0,17a</b>	<b>1,18 ± 0,84a</b>	<b>2,19 ± 0,69a</b>
2-Metilbutanoato de etila	840	0,47 ± 0,49a	0,98 ± 0,85a	1,02 ± 0,62a	0,94 ± 1,05a
Isobutirato de alila	853	0,08 ± 0,10a	0,49 ± 0,42a	0,06 ± 0,05a	0,34 ± 0,36a
Pentanoato de etila	895	0,06 ± 0,07a	1,20 ± 1,63a	0,14 ± 0,07a	0,06 ± 0,06a
Hexanoato de metila	917	0,58 ± 0,21a	0,35 ± 0,30a	0,49 ± 0,43a	1,05 ± 0,85a
3-Hexanol	939	0,47 ± 0,61a	5,57 ± 5,13a	0,67 ± 1,06a	0,73 ± 0,66a
4-Metil-2-pentanol	949	0,61 ± 0,77a	7,18 ± 6,41a	0,85 ± 1,33a	1,06 ± 1,06a
Mirceno	987	0,36 ± 0,20a	t	–	0,64 ± 0,81a
Hexanoato de etila	997	<b>59,37 ± 30,16a</b>	<b>47,23 ± 25,23a</b>	<b>79,45 ± 13,91a</b>	<b>62,68 ± 14,73a</b>
(Z)-β-Ocimeno	1032	0,98 ± 0,85a	1,17 ± 0,57a	0,79 ± 0,44a	1,19 ± 0,13a
(2E)-Hexenoato de etila	1038	0,55 ± 0,05a	0,87 ± 0,69a	0,66 ± 0,17a	0,69 ± 0,27a
(E)-β-Ocimeno	1044	<b>22,63 ± 21,06a</b>	<b>27,13 ± 13,48a</b>	<b>8,97 ± 7,99a</b>	<b>19,43 ± 3,04a</b>
Isobutanoato de pentila	1050	0,05 ± 0,08b	t	0,33 ± 0,10a	0,07 ± 0,06b
Hexanoato de propila	1091	0,25 ± 0,08a	–	0,17 ± 0,15a	0,16 ± 0,17a
Heptanoato de etila	1094	0,18 ± 0,02a	t	0,12 ± 0,10a	–
Octanoato de etila	1194	<b>11,93 ± 7,90a</b>	<b>3,41 ± 1,34a</b>	<b>2,82 ± 1,98a</b>	<b>1,61 ± 0,69a</b>
(2E)-Octenoato de etila	1242	0,50 ± 0,20a	0,05 ± 0,09b	0,33 ± 0,16ab	0,10 ± 0,09b
(Z)-Di-hidroapofarnesol	1575	0,05 ± 0,09b	–	0,12 ± 0,21b	1,10 ± 0,27a
Dodecanoato de etila	1591	0,10 ± 0,09a	0,06 ± 0,10a	0,32 ± 0,42a	–
β-Eudesmol	1648	–	–	–	0,71
(E,E)-Geranilalinalool	2025	–	1,14 ± 0,65a	–	0,62 ± 0,15a
Ésteres		74,71 ± 23,06a	55,74 ± 22,47a	87,08 ± 12,91a	69,90 ± 12,62a
Hidrocarbonetos monoterpênicos		23,98 ± 21,83a	28,32 ± 13,98a	9,77 ± 8,43a	21,26 ± 3,59a
Sesquiterpenos oxigenados		–	–	–	0,71
Outros		1,14 ± 1,36a	13,89 ± 12,17a	1,64 ± 2,60a	3,51 ± 2,03a
Teor do óleo essencial (% p/p)		0,005 ± 0,001b	0,012 ± 0,001a	0,005 ± 0,001b	0,004 ± 0,001b

<sup>1</sup> Valores constituem média ± desvios-padrão de três amostras. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05). IR = índice de retenção; “t” = traços (constituintes detectados em concentrações menores que 0,05%); “–” = não detectado.

## CONCLUSÃO

1- O fruto de pequizeiro de diferentes locais do Estado do Mato Grosso é composto por 80 a 85% de mesocarpo externo, 11 a 15% de pirênios e 4 a 7% de polpa. O local de coleta do pequi influenciou na massa e na cor, mas não no rendimento em polpa dos frutos.

2- A polpa de pequi coletado no Estado do Mato Grosso é rica em lipídios, com predominância dos ácidos graxos monoinsaturados (cerca de 50%) e em carotenoides, cujos teores são influenciados pelos locais de procedência dos frutos.

3- Os parâmetros hue (tonalidade de cor) e croma (intensidade de cor) estão fortemente associados aos teores de carotenoides totais da polpa de pequi.

4- O isobutirato de alila, 3-hexanol, 4-metil-2-pentanol, mircenol, (Z)-di-hidroapofarnesol,  $\beta$ -eudesmol e (E,E)-geranilalinalool foram descritos pela primeira vez nos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense*.

5- As análises de redundância e discriminantes canônicas separaram as populações de pequizeiros analisadas em três grupos, com base nos constituintes voláteis e em parâmetros do solo, destacando-se dentre eles o silte, o P e o  $Mg^{2+}$ .

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro (Proc. n°482961/2010-4), e à CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy**. 4<sup>th</sup> ed. Carol Stream: Allured Publishing, 2007. 804 p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 17<sup>th</sup> ed. Washington, 2002. 1115 p.

ARAÚJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Cariocaraceae) – an economically valuable species of the Central Brazilian Cerrados. **Economic Botany**, New York, v. 49, n. 1, p. 40-48, 1995.

ARÉVALO-PINEDO, A.; MACIEL, V. B. V.; CARVALHO, K. M.; COELHO, A. F. S.; GIRALDO-ZUÑIGA, A. D.; ARÉVALO, Z. D. S.; ALVIM, T. C. Processamento e estudo da estabilidade de pasta de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 664-668, 2010.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

CHISTÉ, R. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification, by HPLC-DAD-MS/MS, of carotenoids and phenolic compounds from the Amazonian fruit *Caryocar villosum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 23, p. 5.884 - 5.892, 2012.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; FERRI, P. H.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L. J. Volatile compounds profile of fresh-cut peki fruit stored under different temperatures. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 435-439, 2009.

DUARTE, A. R.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H. Influence of spatial, edaphic and genetic factors on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* fruits. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 737-746, 2012.

EL-SAWI, S. A.; MOHAMED, M. A. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. **Food Chemistry, Barking**, v. 77, n. 1, p. 75-80, 2002.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Aroma of minor tropical fruits. **Flavour and Fragrance Journal**, Sussex, v. 20, n. 4, p. 358-371, 2005.

GILLINGHAM, L. G.; HARRIS-JANZ, S.; JONES, P. J. H. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. **Lipids**, Champaign, v. 46, n. 3, p. 209-228, 2011.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

- JOSEPH, J. D.; ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatography method for analysis of encapsulated fish oil and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 75, n. 5, p. 488-506, 1992.
- KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; FREUND, G. G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism: Clinical and Experimental**, Baltimore, v. 61, n. 8, p. 1.058-1.066, 2012.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KOSÍNSKI, I. Content of cardenolide glycosides in *Convallaria majalis* L. from populations disturbed and not disturbed by cutting. **Polish Ecological Study**, Warsaw, v.22, n. 1-2, p.17-28, 1996.
- LANGENHEIM, J. H. Higher plant terpenoids: a phyto-centric overview of their ecological roles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, n. 6, p. 1.223-1.280, 1994.
- LEPS, J.; SMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using canoco**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 269 p.
- LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.
- MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; SILVA, M. H. L. Aroma volatiles of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 7, p. 574-576, 2008.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1.254-1.255, 1992.
- MARIANO-da-SILVA, S.; BRAIT, J. D. A.; FARIA, F. P.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, S. L.; BRAGA, P. F.; MARIANO-da-SILVA, F. M. S. Chemical characteristics of pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) native of three municipalities in the State of Goiás – Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 771-777, 2009.
- MARIANO, R. G. B.; COURI, S.; FREITAS, S. P. Enzymatic technology to improve oil extraction from *Caryocar brasiliense* Camb (pequi) pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-643, 2009.
- MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.
- RAMOS, K. M. C.; SOUZA, V. A. B. Características físicas e químico-nutricionais de frutos de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) em populações naturais da região Meio-Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 500-508, 2011.
- REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 425-428, 2003.
- ROBLES, C.; GARZINO, S. Intraspecific variability in the essential oil composition of *Cistus monspeliensis* leaves. **Phytochemistry, New York**, v. 53, n. 1, p. 71-75, 2000.
- ROCA-PÉREZ, L.; PÉREZ-BERMÚDEZ, P.; GAVIDIA, I.; BOLUDA, R. Relationships among soil characteristics, plant macronutrients, and cardenolide accumulation in natural populations of *Digitalis obscura*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, n. 6, p. 774-780, 2005.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). **Shelf-life studies of food and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier, 1993. p. 547-589.

- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.
- ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 13, p. 5.062 -5.072, 2007.
- SENA JÚNIOR, D. M.; RODRIGUES, F. F. G.; FREIRE, P. T. C.; LIMA, S. G.; COUTINHO, H. D. M.; CARJAVAL, J. C. L.; COSTA, J. G. M. Physicochemical and spectroscopical investigation of Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) pulp oil. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 61, n. 2, p. 191-196, 2010.
- SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1.790-1.793, 2008.
- SILVA, S. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370 p.
- SRIVASTAVA, R. K.; SINGH, A. K.; KALRA, A.; TOMAR, V. K. S.; BANSAL, R. P.; PATRA, D. D.; CHAND, S.; NAQVI, A. A.; SHARMA, S.; KUMAR, S. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 189-198, 2002.
- VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 463-471, 1963.
- VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. Caracterização física de frutos do pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.
- VERA, R.; SOUZA, E. R. B.; FERNANDES, E. P.; NAVES, R. V.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; XIMENES, P. A. Caracterização física e química de frutos do pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no Estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 93-99, 2007.