

CAMILLA APARECIDA DE OLIVEIRA FLAUZINO

**Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de
pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo**

ASSIS

2020

CAMILLA APARECIDA DE OLIVEIRA FLAUZINO

Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para a obtenção do título de Mestra em Biociências (Área de Conhecimento: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica)

Orientador(a): Dr.^a Cássia Roberta Malacrida Mayer

ASSIS

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Laura Akie Saito Inafuko - CRB 8/9116

F587a Flauzino, Camilla Aparecida de Oliveira
Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de
resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após
extração do óleo / Camilla Aparecida de Oliveira Flauzino.
Assis, 2020.
52 f. : il.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis
Orientadora: Dra. Cassia Roberta Malacrida Mayer

1. Pequi. 2. Resíduos. 3. Compostos bioativos. 4.
Cerrados - Brasil. I. Título.

CDD 664

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo

AUTORA: CAMILLA APARECIDA DE OLIVEIRA FLAUZINO

ORIENTADORA: CASSIA ROBERTA MALACRIDA MAYER

COORDINADORA: CASSIA ROBERTA MALACRIDA MAYER



Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em BIOCÊNCIAS, área: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. CASSIA ROBERTA MALACRIDA MAYER
Departamento de Biotecnologia / UNESP/Assis

Profa. Dra. IVANISE GUILHERME BRANCO
Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/Assis

Profa. Dra. KARINE BALDO DE GÊNOVA CAMPOS
Universidade Paulista / UNIP/Assis

Assis, 28 de fevereiro de 2020

Dedicatória

A todos que buscam e se entregam à arte do saber.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus que em todos os momentos me fez sentir a Sua presença me guiando, iluminando e abençoando, dando-me forças e coragem para lutar, tranquilidade nos momentos difíceis e serenidade diante de cada obstáculo. Agradeço por ter colocado tudo em seu devido lugar na hora certa.

Aos meus pais Márcia e José Paulo por todos os princípios e ensinamentos que me fizeram ser quem sou, por apoiarem minhas escolhas, por tantas vezes se dedicarem em me ajudar, por todo amor, paciência, sacrifício involuntário e apoio incondicional.

Ao meu marido e companheiro Reginaldo por acreditar em minha capacidade, por sempre me apoiar nas conquistas dos meus sonhos, por sua habilidade em ouvir e por sua compreensão nas inúmeras noites, feriados e finais de semana de estudo, possibilitando essa conquista.

Ao meu filho Miguel por cada sorriso ao me ver retornar para casa entre inúmeras idas e vindas, pela compreensão nos momentos de carência, por contribuir de um jeito todo especial para que eu pudesse estudar e por não permitir, em nenhum momento, que eu me esquecesse de exercer minha mais importante vocação: ser Mãe.

Aos demais familiares, por sempre torcerem por mim.

A minha orientadora Cássia Roberta Malacrida Mayer, pela acolhida, pela oportunidade de trabalho, pela confiança a mim investida e por contribuir para o meu avanço profissional. Meus sinceros agradecimentos por sua disposição, paciência, auxílio e ensinamentos durante este período.

A Faculdade de Ciências e Letras e ao Departamento de Ciências Biológicas e Biotecnologia, Campus de Assis, pela oportunidade de realização do curso, capacitando-me e conferindo o conhecimento necessário para a tão almejada pós-graduação.

Aos professores que, durante as aulas ministradas, despertaram em mim a busca pelo saber, em especial aos mestres Eutímio Gustavo Fernández Núñez, Rosana Marta Kolb, Cássia Roberta Malacrida Mayer, Marcelo Fábio Gouveia Nogueira e Darío Abel Palmieri.

Aos professores Pedro de Oliva Neto, Karina Alves de Toledo, João Tadeu Ribeiro Paes e Lucinéia dos Santos, da Faculdade de Ciências e Letras, Campus de Assis, por permitirem a utilização de seus laboratórios, cederem materiais, equipamentos e ensinamentos que colaboraram para que este trabalho fosse desenvolvido.

Aos professores Christianne Elisabete da Costa Rodrigues do Laboratório de Engenharia de Separações, Departamento de Engenharia de Alimentos e Pedro Henrique de Cerqueira Luz do Laboratório de Solos, Departamento de Zootecnia, ambos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga/SP, por toda gentileza e disponibilidade em realizarem análises, contribuindo com o aprimoramento da pesquisa desenvolvida.

As professoras Ivanise Guilherme Branco, Lucineia dos Santos e Karine Baldo de Genova Campos por aceitarem participar da banca examinadora, pela disposição em ajudar e pelas valiosas contribuições, essenciais para esse trabalho.

Aos funcionários Gilberto, Alan, Eliane e Sérgio por estarem sempre prontos a ajudar.

Aos colegas de laboratório Natalie, Myriam, Edson, Maria Júlia, Marcelo, Amanda e Daniele. A todos esses fica registrada minha gratidão pelo apoio, companhia, troca de conhecimentos, ajuda com as rotinas do laboratório, com experimentos e discussões, sem os quais não teria sido possível a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o êxito deste trabalho.

Muito obrigada!

Epígrafe

Quando uma criatura humana desperta para um grande sonho

e sobre ele lança toda a força de sua alma...

Todo o universo conspira a seu favor!"

(Goethe)

FLAUZINO, Camilla Aparecida de Oliveira. **Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo**. 2020. 50 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Biociências). – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, 2020.

RESUMO

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), fruto típico do Cerrado brasileiro, é rico em lipídios e compostos antioxidantes. Além de ser utilizado na alimentação, de sua polpa é extraído um óleo de relevante valor comercial. A extração do óleo da polpa feita por prensagem a frio origina uma torta residual (TR) parcialmente desengordurada. As tortas resultantes desse processo, bem como as partes descartadas como o endocarpo espinhoso (EE), possibilitam a extração de compostos de interesse, como óleo residual e compostos bioativos. Considerando a crescente demanda desse óleo e conseqüentemente a elevada quantidade de resíduos gerados, surgiu a necessidade de compilar informações sobre seu potencial nutricional, investigando sua possível utilização como matéria-prima para reaproveitamento sustentável de forma eficiente e segura. Para tanto foi determinada a composição centesimal, os biocompostos (compostos fenólicos totais, flavonoides totais, carotenoides totais e vitamina C), a composição mineral, a composição em ácidos graxos do óleo extraído da TR e do EE do pequi, bem como a avaliação da atividade antioxidante de ambos. A TR e o EE apresentaram consideráveis teores de proteínas, fibras, carboidratos e principalmente de lipídios (30,9% na TR e 32,6% no EE). Na fração lipídica de ambos os materiais avaliados prevalecem os ácidos graxos oleico (60,29% na TR e 57,44% no EE) e palmítico (33,41% na TR e 35,08% no EE). Os mesmos apresentaram-se como fontes interessantes de compostos fenólicos totais (372 e 480,5 mg EAG/100g na TR e EE, respectivamente) e carotenoides totais (7,75 e 6,35 mg/100g na TR e EE, respectivamente), bem como considerável atividade antioxidante (15,4 e 16,3 EC₅₀ em mg/mL na TR e EE, respectivamente). A TR e o EE demonstraram possuir teores apreciáveis dos diferentes minerais analisados, com predominância dos macronutrientes K e N, e dos micronutrientes Mn, Zn e Fe. Uma possibilidade, é que a atividade antioxidante intermediária, bem como as consideráveis concentrações de lipídios, compostos fenólicos e carotenoides totais presentes no EE, se deva a polpa que permanece aderida após a extração manual, devido à presença de espinhos que dificulta sua retirada por completo. Observando-se a composição dos materiais avaliados, verifica-se o potencial desses como matéria-prima para o desenvolvimento de produtos para alimentação humana e concentrados de fibras e proteínas, bem como para a indústria farmacêutica. Sendo assim, ambos apresentaram uma aplicação economicamente viável e ambientalmente correta dos resíduos da extração a frio do óleo do pequi.

Palavras-chave: Pequi. Resíduos. Compostos bioativos. Cerrado brasileiro.

FLAUZINO, Camilla Aparecida de Oliveira. **Evaluation of nutritional and antioxidant potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) residues obtained after oil extraction**. 2020. 50 p. Dissertation (Academic Master in Biosciences). São Paulo State University (UNESP), Faculty of Sciences and Letters, Assis, 2020.

ABSTRACT

The Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), a typical fruit of the Brazilian Cerrado, is rich in lipids and antioxidant compounds. In addition to being used in feeding, from its pulp is extracted an oil of relevant commercial value. The extraction of pulp oil made by cold pressing gives rise to a partially defatted residual pie (TR). The pies resulting from this process, as well as discarded parts such as the thorny endocarp (EE), allow the extraction of compounds of interest, such as residual oil and bioactive compounds. Considering the growing demand for this oil and consequently the high amount of waste generated, the need to compile information about its nutritional potential arose, investigating its possible use as a raw material for sustainable reuse in an efficient and safe way. Therefore, the centesimal composition, biocompounds (total phenolic compounds, total flavonoids, total carotenoids and vitamin C), mineral composition, fatty acid composition extracted from TR and pequi EE were determined, as well as the evaluation of antioxidant activity of both. RT and EE presented considerable levels of proteins, fibers, carbohydrates and mainly lipids (30.9% in RT and 32.6% in EE). In the lipids of both materials evaluated, oleic fatty acids prevail (60.29% in RT and 57.44% in EE) and palmitic (33.41% in RT and 35.08% in EE). They presented themselves as interesting sources of total phenolic compounds (372 and 480.5 mg EAG/100g in RT and EE, respectively) and total carotenoids (7.75 and 6.35 mg/100g in RT and EE, respectively), as well as considerable antioxidant activity (15.4 and 16.3 EC₅₀ in mg/mL in RT and EE, respectively). RT and EE have shown to have appreciable levels of the different minerals analyzed, with predominance of macronutrients K and N, and micronutrients Mn, Zn and Fe. One possibility is that intermediate antioxidant activity, as well as the considerable concentrations of lipids, phenolic compounds and total carotenoids present in ee, is due to pulp that remains adhered after manual extraction, due to the presence of thorns that makes it difficult to remove it completely. Observing the composition of the evaluated materials, the potential of these materials is verified as raw material for the development of products for human food and concentrates of fibers and proteins, as well as for the pharmaceutical industry. Thus, both presented an economically viable and environmentally correct application of residues from cold extraction of pequi oil.

KEYWORDS: Pequi. Waste. Bioactive compounds. Brazilian Cerrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 CERRADO BRASILEIRO.....	14
2.2 PEQUI.....	14
2.2.1 Processamento do pequi.....	16
2.2.2 Extração do óleo.....	17
2.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS.....	18
2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS.....	19
2.4.1 Compostos Fenólicos totais.....	22
2.4.2 Carotenoides.....	23
2.4.3 Flavonoides.....	24
2.4.4 Ácido ascórbico.....	24
2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	25
3. OBJETIVOS.....	27
3.1 GERAL.....	27
3.2 ESPECÍFICOS.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1 MATÉRIA-PRIMA.....	28
4.1.1 Coleta e amostragem.....	28
4.1.2 Preparo das amostras.....	28
4.2 MÉTODOS.....	29
4.2.1 Composição Centesimal.....	29
4.2.1.1 Determinação de Umidade.....	29
4.2.1.2 Determinação de Cinzas.....	30
4.2.1.3 Determinação de Lipídios (Método de Soxhlet).....	30

4.2.1.4 Determinação de Proteínas (Método de Kjeldahl).....	30
4.2.1.5 Determinação de Fibras + Carboidratos.....	31
4.2.2 Açúcares redutores.....	31
4.2.3 Análises de Biocompostos.....	31
4.2.3.1 Compostos fenólicos totais.....	31
4.2.3.2 Carotenoides totais.....	32
4.2.3.3 Flavonoides totais.....	33
4.2.3.4 Ácido ascórbico.....	34
4.2.4 Composição Mineral.....	35
4.2.5 Composição em Ácidos Graxos.....	35
4.2.6 Atividade Antioxidante.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	37
5.2 AÇÚCARES REDUTORES.....	38
5.3 ANÁLISES DE BIOCOMPOSTOS.....	39
5.4 COMPOSIÇÃO MINERAL.....	41
5.5 COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS.....	43
5.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	44
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

INTRODUÇÃO

O pequi (Caryocar brasiliense Camb.), cujo fruto é o pequi, pertence ao gênero *Caryocar* e à família Caryocaraceae. Trata-se de uma planta arbórea perene, símbolo do Cerrado brasileiro, classificada como frutífera ou oleaginosa, em razão das suas características e formas de utilização.

Os frutos do pequi são constituídos pelo epicarpo (casca), mesocarpo externo, mesocarpo interno (polpa), endocarpo espinhoso (camada que protege a amêndoa) e amêndoa. Porém, o que principalmente se aproveita é a polpa do fruto e a amêndoa para a alimentação e extração de óleo.

O sabor agradável da polpa e os elevados teores de lipídios, garantem ao pequi um alto valor energético. Essas características contribuem para que a principal utilização do fruto nas áreas de ocorrência seja a alimentação, inclusive complementando a dieta de populações de baixa renda.

O óleo extraído do pequi possui propriedades terapêuticas, medicinais, além de ser apreciado na indústria e na comercialização de cosméticos, combustíveis e lubrificantes.

Em algumas regiões do Brasil há um incentivo ao cultivo, extração, consumo e comercialização do pequi, resultando em um crescente aumento da produção, industrialização e comercialização do fruto. Essa crescente demanda tem elevado o volume de pequi e seus derivados comercializados nos últimos anos.

O epicarpo (casca) e endocarpo espinhoso, pouco apreciados para a alimentação e extração do óleo, constituem-se como resíduos gerados a partir do consumo e industrialização do fruto.

O processo de prensagem mecânica a frio para extração de óleo consiste em comprimir a polpa dos frutos produzindo o óleo ou gordura brutos e a chamada torta, que é a parte sólida resultante da prensagem. Esse tipo de extração gera subprodutos com elevado valor nutricional e isentos de resíduos de solventes, pois não submete o material a elevadas temperaturas e ao contato com substâncias químicas. Sendo assim, as tortas resultantes desse processo, bem como as partes descartadas, possibilitam a extração de compostos de interesse, como óleo residual e compostos bioativos, e o subproduto gerado pode ser ainda destinado para outros fins, como ração animal.

Considerando a ampla utilização do óleo do pequi, e conseqüentemente a grande quantidade de resíduos gerados a partir de sua extração, surgiu a necessidade de compilar informações importantes sobre o potencial nutricional desses resíduos, de modo a direcionar o reaproveitamento de maneira sustentável desse material, com o objetivo de reduzir o montante descartado.

Sendo assim, no presente trabalho objetivou-se avaliar o potencial nutricional e antioxidante dos resíduos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), torta residual e endocarpo espinhoso. Foram determinados a composição centesimal, os biocompostos, a composição mineral, a composição em ácidos graxos e a atividade antioxidante de ambos os materiais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CERRADO BRASILEIRO

O Cerrado está presente, predominantemente, no Planalto Central do Brasil e ocupa cerca de 25% do território nacional, constituindo o segundo maior bioma do país (GONÇALVES, 2008; GOZCE, 2011; LOPES et al., 2012; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010; PAZ et al., 2014; RIBEIRO, 2011; ROESLER et al., 2007). Com cerca de 2 milhões de km² de extensão, distribui-se nos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal (RIBEIRO, 2011). A flora do Cerrado é considerada a mais rica dentre as savanas do mundo, estimando-se entre 4 a 10 mil espécies de plantas vasculares (RIBEIRO, 2011; VIEIRA et al., 2006) com 58 espécies de frutas nativas (PAZ et al., 2014), as quais são tradicionalmente utilizadas pela população local para alimentação e fonte de renda através de sua exploração sustentável (RIBEIRO, 2011).

O potencial extrativista do Cerrado é enorme. São folhas, sementes, raízes, flores, frutas, cascas, látex, óleos e resinas que são utilizados como alimentos, medicamentos, utensílios, ferramentas e artesanatos, contribuindo para a sobrevivência das comunidades extrativistas locais (OLIVEIRA; SCARIOT, 2010). No entanto, a exploração não-sustentável e o desmatamento sem planejamento e fiscalização que vem ocorrendo ao longo do tempo, acabam por causar desequilíbrios ecológicos, prejudicando a biodiversidade e sustentabilidade deste ecossistema (RIBEIRO, 2011).

2.2 PEQUI

Dentre as espécies frutíferas do Cerrado, destaca-se o pequi (Caryocar brasiliense Camb.), cujo fruto é o pequi, pertencente ao gênero *Caryocar* e à família Caryocaraceae (GOZCE, 2011; OLIVEIRA, 2010). Trata-se de uma planta arbórea perene, símbolo do Cerrado, que pode ser classificada como frutífera ou oleaginosa, em razão das suas características e formas de utilização (OLIVEIRA et al., 2008).

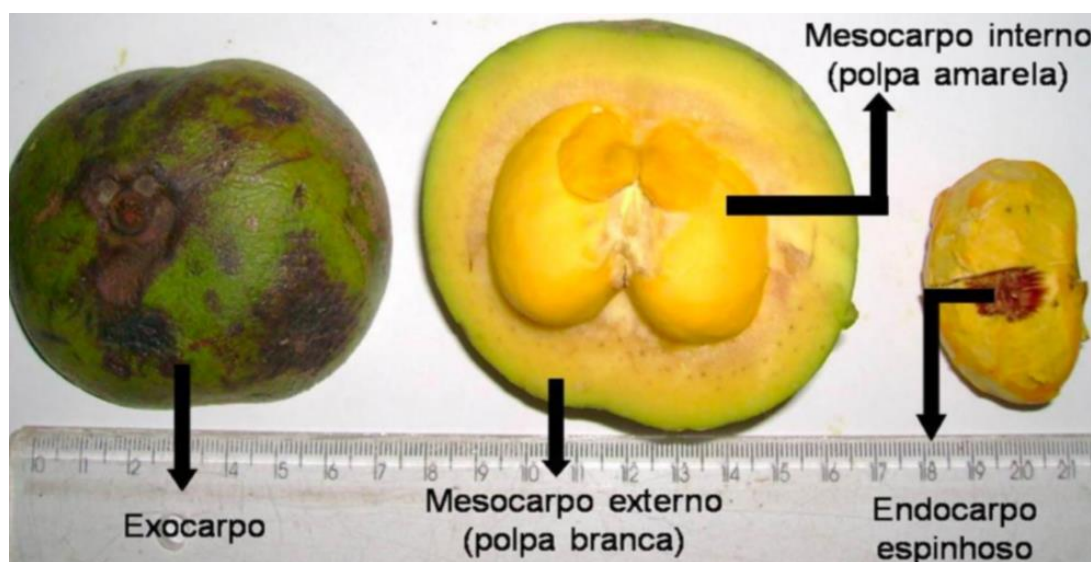
Embora o Estado de Minas Gerais seja o maior produtor e consumidor de pequi, o mesmo pode ser encontrado no Pará, Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Paraná e

Distrito Federal (PAZ et al., 2014). Baeta (2013) acrescenta que o pequi pode ser encontrado também na Bahia, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Tocantins. Além disso, Régis et al. (2013) afirmaram ser os Estados de Minas Gerais e Goiás responsáveis por 63,8% da produção nacional de pequi.

O extrato das folhas do pequizeiro possui atividade contra micoses e moluscos (BAETA, 2013; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010) e a casca do fruto, que recobre os caroços produz uma tintura que pode ser utilizada para tingimento artesanal, e como ração para bovinos e peixes, porém, do pequi, o que principalmente se aproveita é a polpa do fruto e a amêndoa, para a alimentação e extração de seu óleo (OLIVEIRA; SCARIOT, 2010).

Os frutos do pequizeiro são constituídos pelo exocarpo ou epicarpo (casca), mesocarpo externo, mesocarpo interno (polpa comestível), endocarpo espinhoso (camada lenhosa que recobre e protege a amêndoa) e amêndoa (BAETA, 2013). Essa última, assim como a polpa, possui potencial para alimentação e produção de óleo, bastante apreciado na indústria cosmética (OLIVEIRA; SCARIOT, 2010).

Figura 1 – Aspectos morfológicos do fruto do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.).



Fonte: Ribeiro, 2011.

Oliveira e Scariot (2010) relatam que o pequizeiro atinge de 7 a 12 metros de altura, corroborando com Baeta (2013) ao afirmar que o mesmo pode ultrapassar 10 metros de altura. Segundo Oliveira et al. (2008), o porte arbóreo e as variações de altura do pequizeiro ocorrem em respostas ao ambiente.

A época de floração e frutificação dos pequizeiros de diferentes regiões podem variar conforme seus gradientes climáticos (OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010). Trata-se de uma planta semidecídua com redução parcial da folhagem durante a estação seca e floração logo após a emissão das folhas novas, o que acontece de junho a outubro, sendo finalizada com a chegada das primeiras chuvas. A maturidade dos frutos ocorre após a floração, geralmente de outubro a fevereiro, mas o pico da safra ocorre nos meses de dezembro e janeiro (BAETA, 2013; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010).

O número de frutos por árvore depende bastante do tamanho da planta, do seu genótipo e do ambiente, variando de 500 a 2.000 frutos por safra (OLIVEIRA et al., 2008). Oliveira e Scariot (2010) relatam que os frutos geralmente possuem um ou dois caroços, e raramente até seis, Gozce (2011) afirma que estes possuem de 1 a 5 caroços, enquanto Oliveira et al. (2008) diz que na maioria dos casos, os frutos possuem apenas uma semente, e raramente até quatro.

Gozce (2011), Oliveira (2010) e Oliveira et al. (2008) relatam que o melhor momento para coletar os frutos é quando estes já estão caídos no chão, visto que seu completo amadurecimento ocorre por volta de 3 dias após a queda, o que garante maior quantidade de vitaminas e proteínas e rendem mais óleo. Baeta (2013) afirma que caso os frutos não sejam coletados após queda natural, o fruto começa a deteriorar rapidamente, de 2 a 3 dias após colhido.

Em algumas regiões do Brasil, principalmente em Minas Gerais, há um incentivo ao cultivo, extração, consumo e comercialização do pequi, resultando em um crescente aumento da produção, industrialização e comercialização do fruto. Essa crescente demanda, conta também com a parceria de cooperativas e associações voltadas à preservação e ao aproveitamento de frutos nativos do cerrado, o que tem elevado o volume de pequi e seus derivados comercializados nos últimos anos (OLIVEIRA, 2010).

2.2.1 Processamento do pequi

O sabor peculiar da polpa do pequi faz com que o mesmo seja muito apreciado na culinária regional (RIBEIRO, 2011), e a elevada quantidade de lipídios, confere-lhe maior valor energético, complementando a dieta de populações de baixa renda (GOZCE, 2011; OLIVEIRA et al., 2010; PAZ et al., 2014), além de representar boa

parte da renda anual dos trabalhadores locais (GOZCE, 2011). O mesocarpo interno do pequi, porção comestível, encontra-se aderido ao endocarpo espinhoso, constituindo em empecilho ao seu consumo *in natura* (OLIVEIRA, 2010). Porém, ainda assim, a alimentação é sua principal utilização.

O pequi também é utilizado como matéria-prima para produção de conservas, temperos, licor, congelados e outros. O armazenamento em conservas, bem como seu congelamento, contribui para a ingestão regular do fruto durante todo o ano, além de garantir renda aos agricultores na entressafra (OLIVEIRA, 2010).

O fruto, é também apreciado na indústria e na comercialização de cosméticos, como hidratante, xampu, condicionador e sabonete. Seu óleo possui propriedades terapêuticas e medicinais, podendo combater doenças respiratórias como bronquite, gripes e resfriados (OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010).

O óleo extraído do pequi possui também um grande potencial de uso na produção de combustíveis e lubrificantes (OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA; SCARIOT, 2010), sendo considerado vantajoso sobre outras oleaginosas, pois pode, por exemplo, produzir até 8 vezes mais L/ha de biodiesel do que a soja (OLIVEIRA et al., 2008).

2.2.2 Extração do óleo

Existem duas operações básicas envolvidas na extração de óleos e gorduras de fontes oleaginosas de origem vegetal como o pequi: extração à solvente e prensagem mecânica, ambos seguidos de processos de purificação para ajustar as propriedades físico-químicas caso necessário. Na extração por solvente a produção da torta de polpa desengordurada e do óleo é comumente feita utilizando hexano como solvente. O processo de prensagem mecânica para extração de óleo, consiste em comprimir os grãos ou polpa dos frutos produzindo a chamada torta, que é a parte sólida resultante da prensagem, e o óleo ou gordura brutos (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Ao contrário da extração realizada por solvente, a extração de óleo por prensagem mecânica a frio gera subprodutos com elevado valor nutricional e isentos de resíduos de solventes, pois não submete o material a elevadas temperaturas e ao contato com substâncias químicas. Sendo assim, as tortas resultantes desse processo, bem como as partes descartadas, possibilitam a extração de compostos

de interesse, como óleo residual e compostos bioativos, e o subproduto gerado pode ser ainda destinado para outros fins, como ração animal. A investigação de usos alternativos para subprodutos deste tipo representa uma etapa importante no desenvolvimento de processos tecnológicos mais sustentáveis (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Considerando a ampla utilização do óleo do pequi, e consequentemente a grande quantidade de resíduos gerados a partir de sua extração, surgiu a necessidade de compilar informações importantes sobre o potencial nutricional desses resíduos, de modo a direcionar o reaproveitamento de maneira sustentável desse material, com o objetivo de reduzir o montante descartado.

2.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS

Para que as pessoas mantenham uma dieta nutricional equilibrada, de acordo com a Ingestão Diária Recomendada (IDR), é necessário que o consumo de vitaminas, minerais e proteínas seja realizado em quantidades adequadas (BRASIL, 1998). Para tanto, é imprescindível dados sobre as composições dos alimentos. Esse tipo de informação pode servir de base para avaliações quanto ao comportamento nutricional de determinadas populações e indivíduos, ao planejamento agropecuário, à indústria de alimentos, inclusive fomentar pesquisas sobre as relações entre dieta e doença (GONDIM et al., 2005). Além disso, são importantes para a obtenção de uma dieta saudável; controle de qualidade do alimento; desenvolvimento de novos produtos; identificação de espécies promissoras ao aproveitamento industrial, bem como para a aplicação de melhoramento genético (OLIVEIRA et al., 2010).

Estudos como estes podem fornecer, por exemplo, informações sobre a concentração de água nos alimentos, que se em altas proporções, compromete a qualidade e diminui o tempo de prateleira de alguns alimentos, podendo o conhecimento sobre seu teor de umidade ser considerado para garantir a estabilidade e a segurança microbiológica dos mesmos por mais tempo (PEREIRA et al., 2003).

Cardoso (2011) afirma que a polpa de pequi possui valor energético e conteúdo de lipídios superior ao de diversas frutas brasileiras. O mesmo afirmam Oliveira et al. (2010), que ressaltam ter o pequi teor de lipídios comparável ao do

abacate, açaí e buriti, principalmente os ácidos graxos oleico e palmítico. Os autores Gozce (2011), Paz et al. (2014) e Roesler (2007) também afirmam ser o pequi rico em lipídios.

Gozce (2011) e Paz et al. (2014) ressaltaram que a composição química de materiais vegetais como o pequi, podem variar conforme diferenças genotípicas, sazonalidade, formas de cultivo, variações de clima e solo, estágio de maturação, armazenamento e processamento.

Uma alimentação sadia, rica em nutrientes, pode ser alcançada com partes de alimentos que normalmente são desprezadas, principalmente das frutas que são importantes fontes de minerais necessários à dieta humana. Além de enriquecer a dieta, a prática de reaproveitar dos alimentos suas partes comumente descartadas, diminui os gastos com alimentação, reduz o desperdício e torna possível a produção de novas fontes de alimentação, como farinhas, geleias e doces (GONDIM et al., 2005).

Monossacarídeos, glicose e frutose são açúcares redutores pois possuem em sua composição molecular um grupo carbonílico e cetônico livres, que se oxidam ao entrarem em contato com agentes oxidantes em soluções alcalinas. A maioria dos métodos químicos não seletivos que realizam estimativas confiáveis sobre o teor de açúcares redutores em alimentos como o método titulométrico de Lane Eynon (LANE; EYNON, 1934), são fundamentados na redução de íons cobre em soluções alcalinas (solução de Fehling) (SILVA et al., 2003).

O óleo extraído da polpa do pequi é rico principalmente em ácido graxo oleico e palmítico, porém apresenta os ácidos palmitoléico, linoleico, esteárico, entre outros (BAETA, 2013).

Assim como os valores nutricionais, as características físico-químicas do pequi podem apresentar variabilidades a depender da região, da genética, do grau de maturação, do ambiente e da forma de cultivo do fruto (PAZ et al., 2014). Baeta (2013) afirma possuir o pequi teores consideráveis de minerais como cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco.

2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS

Compostos bioativos são considerados constituintes “extra nutricionais” presentes em alimentos de origem vegetal a fim de oferecer à eles proteção contra

infecções microbianas e virais, atração de polinizadores e frugívoros, promovendo crescimento, desenvolvimento e manutenção dos mesmos, bem como aos organismos que se alimentam deles, onde agem como antioxidantes, anti-inflamatórios, anti trombo e cardioprotetores, por exemplo (RIBEIRO, 2011).

Os seres vivos ao realizarem o metabolismo do oxigênio em suas células, produzem radicais livres (GONÇALVES, 2008; ROESLER, 2007), moléculas ou átomos altamente instáveis e quimicamente muito reativos, com um ou mais elétrons não-pareados, podendo causar danos por reagir com qualquer molécula que entra em contato. Quando em baixas concentrações, estes podem ser benéficos, atuando em defesa contra agentes infecciosos, formação de ATP através de ADP, regulação do crescimento celular e formação de prostaglandinas (sinais químicos derivados de lipídios, que agem sobre lesões e doenças) e leucotrienos (liberados por leucócitos polimorfonucleares, macrófagos e mastócitos quando ativados), por exemplo (GONÇALVES, 2008).

Fatores ambientais como pesticidas, poluição, cigarro, radiação ultravioleta e estilo de vida não saudável também constituem poderosas fontes de radicais livres nos organismos humanos. O excesso destes circulando no corpo, bem como em produtos alimentícios, oxida substratos, tais como proteínas, DNA, vitaminas e lipídios, podendo resultar na morte de células e danos aos tecidos (GONÇALVES, 2008; OLIVEIRA, 2010; ROESLER, 2007). Esse processo acelera o envelhecimento e facilita a ocorrência de doenças crônicas e degenerativas não-transmissíveis como derrame cerebral, diabetes mellitus, artrite, Parkinson, Alzheimer, catarata e câncer (GONÇALVES, 2008; RÉGIS et al., 2013; ROESLER, 2007).

Antioxidantes são substâncias que retardam ou previnem a oxidação de substratos a serem oxidados. O organismo humano possui antioxidantes celulares em suas membranas (α -tocoferol, β -caroteno e ascorbil palmitato) e no citoplasma (tripeptídeos de glutathione (GSH)). Já o ácido úrico, bilirubina e carnosina são antioxidantes extracelulares. Além disso, nosso organismo sintetiza antioxidantes como, por exemplo, superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase, urato e ubiquinol, porém há evidências de que os mesmos não previnem completamente os danos causados por ROS (Espécies reativas de oxigênio) e RNS (espécies reativas de nitrogênio) (ROESLER, 2007).

Quando a quantidade de radicais livres produzidos por um organismo excede o limite dos mecanismos de defesa antioxidante, ocorre um desequilíbrio que leva ao

estresse oxidativo, responsável pelo aparecimento das doenças crônicas e degenerativas não-transmissíveis já mencionadas (OLIVEIRA, 2010).

Na ausência de defesa antioxidante endógena adequada, há a necessidade de se obter uma regulação da atividade antioxidante, na tentativa de diminuir o risco de ocorrência de tais doenças, o que pode ser alcançado pelo consumo adequado de frutas e vegetais. Existem estudos que relatam ser os antioxidantes fenólicos de cereais, frutas e vegetais, contribuintes da redução da incidência de doenças em populações cujas dietas são altas na ingestão desses alimentos (OLIVEIRA, 2010; ROESLER, 2007). São exemplos de antioxidantes exógenos (consumidos na dieta) ácido ascórbico, α -tocoferol, vitamina A, carotenoide e compostos fenólicos (OLIVEIRA, 2010).

Os efeitos benéficos de frutas e verduras à saúde deve-se aos seus constituintes, tais como vitaminas, fibras, minerais e principalmente antioxidantes, que garantem suporte ao sistema de defesa do organismo. Existem estudos que evidenciam o superior potencial antioxidante de compostos fenólicos quando comparados com vitaminas E, C e β -caroteno, por exemplo, e outros que apontam ser as frutas e verduras as mais ricas fontes potenciais destas substâncias, enfatizando a importância de proporções adequadas das mesmas na dieta cotidiana (OLIVEIRA, 2010).

Contudo, as perspectivas são promissoras para a exploração de espécies não-tradicionais de frutas tropicais que possuem apreciáveis teores antioxidantes. O Cerrado possui inúmeras espécies frutíferas subexploradas com possíveis potenciais nutricionais e antioxidantes, evidenciando a relevância de se conhecer mais sobre os níveis de compostos bioativos e atividades antioxidantes destas (OLIVEIRA, 2010).

As plantas do Cerrado desenvolveram adaptações para enfrentar estações prolongadas de seca, queimadas, elevada incidência solar e calor. Ao longo do tempo, elas passaram a sintetizar enzimas antioxidantes a fim de sequestrarem radicais livres tóxicos tipicamente produzidos nessas condições, conferindo-lhes um eficiente sistema de defesa contra o ataque de radicais livres (LIMA et al., 2007; ROESLER, 2007). Sendo assim, as plantas do Cerrado, como o pequi, proporcionam uma rica fonte de antioxidantes naturais incluindo vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos (RIBEIRO, 2011; ROESLER, 2007).

Além de também afirmar que os lipídios são os constituintes predominantes na polpa e na amêndoa do pequi, e que o fruto possui ainda um teor elevado de fibra alimentar, Lima et al. (2007) acrescentaram que o mesmo contém compostos fenólicos e carotenóides totais associados a prevenção de processos oxidativos.

2.4.1 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários desenvolvidos por plantas em resposta à danos nos tecidos, como exposição excessiva à radiação ultravioleta, agressão por patógenos, ferimentos e infecções (BAETA, 2013; RIBEIRO, 2011). Nas plantas são pigmentantes, agentes antipatogênicos, participam de seu crescimento e reprodução, além de possuírem importante ação antioxidante (BAETA, 2013). Podem ser encontrados nos vegetais, frutas, cereais, chá, café, ervas e pimenta. Estes, além de prolongar a vida de prateleira de produtos, no organismo humano podem ser protetores vasculares e benéficos no controle de diversas doenças como aterosclerose, catarata e câncer (GONÇALVES, 2008; OLIVEIRA, 2010; ROESLER, 2007).

Nos vegetais, os compostos fenólicos podem ocorrer na forma livre ou conjugada, a maioria deles encontra-se glicosilados (ligados à açúcares) como D-glicose e L-ramnose. Os mesmos possuem ao menos um anel aromático, onde um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila, principal fator estrutural responsável pela atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres dos derivados fenólicos (GONÇALVES, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Estes compostos agem sequestrando radicais livres (ROESLER, 2007), reciclando outros antioxidantes como α -tocoferol e convertendo íons metais pró-oxidantes, como ferro e cobre, prevenindo a formação de radicais livres. Estas atividades protegem o DNA de danos oxidativos desativando carcinógenos (GONÇALVES, 2008; OLIVEIRA, 2010; RIBEIRO, 2011).

Dentre a vasta quantidade de compostos fenólicos existentes, destacam-se os flavonoides e os ácidos fenólicos (BAETA, 2013), sendo o ácido gálico o ácido fenólico mais comum (OLIVEIRA, 2010).

O conteúdo de flavonoides e ácidos fenólicos de um vegetal pode ser influenciado por diversos fatores como, por exemplo, cultivo, maturidade no momento da colheita, estação do ano, incidência de radiação ultravioleta (UV),

composição do solo, clima e condições de armazenamento e processamento. As diferentes condições de armazenamento e processamento, resultam em perdas variáveis de compostos fenólicos existentes no material, são eles: lavagem, descascamento, corte, branqueamento, enlatamento, esterilização, congelamento e uso de conservas. Tais procedimentos envolvem mudanças qualitativas, desarranjo estrutural e lixiviação em água, já que os compostos fenólicos são hidrossolúveis. A depleção enzimática de vários antioxidantes naturais pode ocorrer em consequência de procedimentos como corte e fatiamento, uma vez que favorecem o rompimento celular, permitindo assim o contato entre substrato e enzima (OLIVEIRA, 2010).

2.4.2 Carotenoides

Os carotenoides são substâncias pigmentantes que conferem coloração do amarelo ao laranja ou vermelho às plantas. São potentes antioxidantes lipossolúveis com ação terapêutica em doenças crônicas como as cardiovasculares, oftálmicas e osteoporose, além de possuírem efeitos anti-inflamatórios, anticânceres e contribuírem com a regulação do crescimento e da comunidade celular, modulação da expressão gênica e estimular a resposta do sistema imunológico (CARDOSO, 2011; GOZCE, 2011; RIBEIRO, 2011).

Nas plantas os carotenoides são produzidos nos cloroplastos e cromoplastos, onde cumprem funções vitais como absorção de luz e proteção contra fotooxidação, e nos cromoplastos ainda são responsáveis pela atração de insetos e herbívoros polinizadores que contribuem disseminando pólen e sementes (GOZCE, 2011).

Já foram isolados e identificados mais de 600 tipos de carotenoides, dos quais 10% podem ser metabolizados e convertidos em vitamina A no corpo de animais. Na nutrição humana, a vitamina A pode ser obtida de alimentos de origem animal (pré-formadas) ou provenientes de alimentos de origem vegetal (provitamina A), que são os carotenoides provitaminários A como β -caroteno e α -caroteno (GOZCE, 2011). Alguns estudos revelaram que os principais carotenoides presentes na polpa de pequi são: violaxantina, luteína, zeaxantina e anteraxantina (RIBEIRO, 2011).

Os carotenoides foram nomeados de acordo com a fonte de onde foram isolados pela primeira vez, sendo “caroteno” derivado do nome científico da cenoura, *Daucus carota* L., e violaxantina isolado da flor amor-perfeito, *Viola tricolor* L. (GOZCE, 2011).

O pequi é considerado excelente fonte de carotenoides (GOZCE, 2011), precursores de vitamina A (passíveis de conversão em vitamina A) indispensável à dieta humana, com excelente atividade antioxidante (CARDOSO, 2011; GONÇALVES, 2008).

Os carotenoides presentes no pequi além de serem pigmentantes, também são precursores de vitamina A e exibem ação antioxidante, considerando funcionais os alimentos que os contêm, pois dentre outros benefícios inibem a formação de radicais livres no corpo reduzindo o risco de incidência de câncer e doenças cardiovasculares quando consumidos. Oliveira et al. (2008) relata que a polpa do pequi possui cerca de 200.000 UI de vitamina A, em média.

2.4.3 Flavonoides

Existe uma grande variedade de compostos fenólicos, que podem ser classificados em flavonoides e não flavonoides, ou seja, os flavonoides constituem um subgrupo dos compostos fenólicos. Os flavonoides são compostos que possuem baixo peso molecular (OLIVEIRA, 2010) e podem ser divididos em seis subclasses (flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas e flavanois), sendo os flavonóis, como quercetina e kaempferol, os mais comuns, encontrados principalmente em tecidos vegetais exteriores como pele e folhas, já que tem sua biossíntese estimulada pela luz (RIBEIRO, 2011). Existem mais de 5000 flavonoides de ocorrência natural diferentes. Nas plantas eles oferecem proteção contra radiação ultravioleta, patógenos e herbívoros (OLIVEIRA, 2010), no organismo humano possuem propriedades anti-inflamatórias e participam da prevenção de doenças cardiovasculares (GONÇALVES, 2008; RÉGIS et al. 2013).

O amadurecimento e fatores ambientais antes da colheita podem influenciar positiva e negativamente no teor de flavonoides dos alimentos (OLIVEIRA, 2010).

2.4.4 Ácido Ascórbico

A vitamina C ou ácido ascórbico, é uma vitamina hidrossolúvel com elevada importância nutricional, pois apresenta excelente atividade antioxidante e atua na absorção de ferro de origem vegetal (BAETA, 2013; CARDOSO, 2011), além de atuar na atividade imunológica, na cicatrização através da formação de colágeno, na

inibição de nitrosaminas (composto químico cancerígeno), na oxidação da fenilalanina e tirosina, na produção de interferon, na reação inflamatória, na síntese de adrenalina, de corticoesteróides e de ácidos biliares (BAETA, 2013), na formação de tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos, e prevenção de escorbuto, doença desencadeada pela carência de vitamina C no organismo (GONÇALVES, 2008).

O organismo humano adulto e sadio possui uma reserva de ácido ascórbico de 1.500 mg. Caso esse organismo não possuir uma ingestão diária média de 45 a 75 mg, as reservas são diminuídas diariamente, e os sintomas de escorbuto aparecem quando a reserva atinge 300 mg apenas (GONÇALVES, 2008).

O ácido ascórbico é considerado um agente fisiológico versátil, pois age em meios intra e extracelulares. Tem importante função na prevenção da aterosclerose plaquetária, pois nas membranas biológicas, restaura atividades antioxidantes de α -tocoferol e previne a formação de hidroperóxidos lipídicos em lipoproteínas plasmáticas (GONÇALVES, 2008).

Segundo Baeta (2013) a polpa do pequi contém antioxidantes, como compostos fenólicos e vitamina C.

2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (AAO)

Os antioxidantes retardam ou previnem a oxidação de substratos a serem oxidados, através de dois mecanismos básicos classificados como primários e secundários; os de mecanismos primários quebram a cadeia de oxidação e seqüestram radicais livres, e os de mecanismos secundários desativam metais, inibem a cadeia reativa dos hidroperóxidos, regeneram os antioxidantes primários, seqüestram oxigênio singlet, etc (GONÇALVES, 2008; ROESLER, 2007).

À fim de melhorar a conservação e aumentar o tempo de prateleira de alguns alimentos industrializados, faz-se comumente o uso de antioxidantes sintéticos. Apesar dos benefícios, o uso destas substâncias tem sido associado em ratos ao aparecimento de cânceres, havendo assim uma tendência de substituição destes por antioxidantes naturais (OLIVEIRA, 2010) e conseqüentemente uma necessidade de pesquisas relacionadas aos recursos vegetais que os possuem, bem como suas quantidades e qualidade.

Existem estudos que apontam a vitamina C e os compostos fenólicos, principalmente os flavonoides, como antioxidantes hidrofílicos e a vitamina E e os carotenoides como antioxidantes lipofílicos, podendo funcionar de maneira sinérgica, aumentando a eficácia da ação antioxidante (OLIVEIRA, 2010).

A capacidade antioxidante de um extrato reflete a atividade antioxidante integrada de todos seus componentes, elucidando sua ação cumulativa, podendo fornecer inclusive informações fisiológicas e nutricionais importantes do material em questão (GONÇALVES, 2008).

Inúmeros métodos têm sido desenvolvidos para avaliar a atividade antioxidante, tornando praticamente impossível expressá-la como um valor absoluto. A AAO depende do substrato a ser oxidado e da associação entre o antioxidante e os componentes do substrato. Em função da grande complexidade entre os processos oxidantes e antioxidantes, nenhum método sozinho é capaz de promover uma interpretação da amostra antioxidante testada (GONÇALVES, 2008; ROESLER, 2007). Sendo assim, a fim de se obter resultados significativos, aconselha-se a utilização de padrões com natureza química e propriedades físico-químicas semelhantes às amostras estudadas, além de multi métodos para avaliar a AAO de uma amostra (ROESLER, 2007).

O método DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) envolve o sequestro de radicais livres, determinando o poder redutor dos compostos analisados (GONÇALVES, 2008). Em linhas gerais, emprega modelos de radicais relativamente estáveis (2,2-difenil-1-picril hidrazil), avaliando a capacidade do extrato vegetal em doar hidrogênio a fim de formar não radicais, ou seja, seqüestrar os radicais livres (OH') formados durante a oxidação (ROESLER, 2007). A absorbância máxima do radical em UV visível é a 515 nm. À medida que os compostos antioxidantes capturam radical, nota-se a redução na absorbância, que é monitorada ao longo do tempo até a estabilização (RESENDE, 2016). É um método considerado rápido e simples, sendo indicado para um grande número de amostras (ROESLER, 2007), preciso, com resultados reprodutíveis e sensível, ou seja, detecta pequenas concentrações de ativo testado. A partir dos resultados, calcula-se a quantidade de DPPH consumida/sequestradora ou a porcentagem remanescente deste em meio reacional (OLIVEIRA, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial nutricional e antioxidante dos resíduos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) – endocarpo espinhoso e torta obtida após a extração do óleo da polpa - investigando a possibilidade de utilização desses resíduos como matéria-prima para seu reaproveitamento sustentável de forma eficiente e segura.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a composição centesimal – umidade, lipídios, proteínas, cinzas, carboidratos e fibras - do endocarpo espinhoso e da torta desengordurada de pequi;
- Determinar os biocompostos – compostos fenólicos totais, carotenoides totais, flavonoides totais e ácido ascórbico – do endocarpo espinhoso e da torta desengordurada de pequi;
- Determinar a composição mineral do endocarpo espinhoso e da torta desengordurada de pequi;
- Determinar a composição em ácidos graxos do óleo extraído do endocarpo espinhoso e do óleo residual da torta desengordurada de pequi; e
- Avaliar a atividade antioxidante dos dois materiais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As análises químicas, físicas e os ensaios experimentais foram conduzidos no Laboratório de Química de Alimentos da Faculdade de Ciências e Letras da UNESP, Campus de Assis/SP. As análises de composição centesimal para determinação de proteínas foram feitas em parceria com o Professor Dr. Pedro de Oliva Neto, no Instituto de Pesquisa em Bioenergia, Laboratório Associado de Assis, Faculdade de Ciências e Letras da UNESP, Campus de Assis/SP. As análises do perfil de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Engenharia de Separações, Departamento de Engenharia de Alimentos, em parceria com a Professora Dr^a Christianne Elisabete da Costa Rodrigues, e as análises de composição mineral foram realizadas no Laboratório de Solos, Departamento de Zootecnia, em parceria com o Professor Dr Pedro Henrique de Cerqueira Luz, ambos na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga/SP.

4.1 MATÉRIA-PRIMA

4.1.1 Coleta e Amostragem

Os frutos, já disponíveis no laboratório, foram obtidos no CEASA - Centrais de Abastecimento de Campinas - SP, provenientes do estado de Goiás, no período da safra 2016/2017. Após serem lavados e descascados, os frutos foram embalados em sacos plásticos e estocados sob refrigeração (-18°C).

4.1.2 Preparo das amostras

Para o desenvolvimento dos experimentos, foram utilizados o endocarpo espinhoso (EE) obtido após separação da polpa e amêndoa, e as tortas residuais (TR) provenientes da extração a frio do óleo da polpa.

Inicialmente houve separação manual da polpa (mesocarpo interno), endocarpo espinhoso e amêndoa. O endocarpo espinhoso resultante da separação, foi seco em estufa com circulação de ar a temperatura de 40°C por 24 horas, em seguida foi

triturado em moinho de facas e armazenado em dessecador ao abrigo da luz para análises posteriores.

A polpa, também obtida após separação manual, foi picada e seca em estufa nas mesmas condições que o endocarpo espinhoso. Após a secagem, a polpa foi submetida à extração do óleo por prensagem a frio (temperatura ambiente de aproximadamente 30°C), utilizando uma mini prensa hidráulica (força de 0,5 ton/cm²) por uma hora. As tortas desengorduradas residuais (Figura 2) foram trituradas e, assim como o EE, armazenadas em dessecador ao abrigo da luz para posteriores análises.

Figura 2 – Torta residual (TR) produzida por prensagem mecânica a frio.



4.2 MÉTODOS

4.2.1 Composição Centesimal

Os materiais previamente secos, triturados e homogeneizados foram caracterizados quanto à composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos) utilizando as metodologias oficiais da AOCS (2003) e AOAC (2000). Todas análises foram realizadas em triplicata.

4.2.1.1 Determinação de Umidade

A umidade foi determinada em estufa com circulação forçada de ar a 105°C. Cerca de 3 g de amostras de TR e EE foram pesadas em cadinhos tarados. As

amostras foram aquecidas, até a obtenção de massa constante, que ocorreu após um período de 4 horas de aquecimento a 105°C.

4.2.1.2 Determinação de Cinzas

Para determinação das cinzas, 3 g de amostras de TR e EE foram pesadas em cadinhos de porcelana tarados e carbonizados individualmente em bico de Bunsen até que não houvesse mais desprendimento de fumaça. Os cadinhos com as amostras foram levados à mufla a 550°C até que as cinzas se tornassem claras ou levemente acinzentadas, ou seja, até que não restassem resíduos pretos de matéria orgânica na cinza, o que ocorreu após 6 horas. As amostras foram resfriadas, por 30 minutos, em dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesadas.

4.2.1.3 Determinação de Lipídios (Método de Soxhlet)

Os teores de lipídios foram determinados utilizando um aparelho extrator do tipo Soxhlet. Para análise, cerca de 10 g de amostras de TR e EE foram pesadas e envolvidas em papel filtro. Os cartuchos contendo as amostras foram colocados no extrator de Soxhlet e a extração realizada com éter de petróleo a 40-60°C por 5 horas. O solvente foi eliminado sob vácuo em evaporador rotativo a 60°C. Em seguida, os balões com a matéria graxa extraída foram esfriados em dessecador e pesados.

4.2.1.4 Determinação de Proteínas (Método de Kjeldahl)

As determinações de nitrogênio e proteína total foram realizadas pelo método clássico de Kjeldahl, que se baseia em três etapas: digestão da amostra em ácido sulfúrico com catalisador; destilação do nitrogênio amoniacal e quantificação da amônia por titulometria.

Para as análises, 0,1 g das amostras de TR e EE foram digeridas com 2 mL de H₂SO₄ concentrado, 1 g da mistura catalítica (CuSO₄ e K₂SO₄ na proporção 4:96) em tubos Kjeldahl utilizando temperatura de 350°C, por aproximadamente 2 horas até o aparecimento de coloração esverdeada nas amostras. Após a digestão acrescentou-se 10 mL de água destilada e procedeu-se a destilação. O destilado foi coletado em

erlenmeyer contendo ácido bórico (0,32 M) e a titulação foi realizada utilizando ácido clorídrico 0,02 M na presença de verde de bromocresol e vermelho de metila como indicadores. Os teores de proteínas totais foram estimados utilizando fator de conversão de 6,25.

4.2.1.5 Determinação de Fibras e Carboidratos

O conteúdo de fibras e carboidratos (fibras + carboidratos) foi calculado por diferença subtraindo-se a soma das porcentagens de umidade, lipídios, proteínas e cinzas de 100%.

4.2.2 Açúcares Redutores

Os açúcares redutores foram determinados pelo método titulométrico de Lane Eynon (LANE; EYNON, 1934). Nesse método o cobre do reativo de Fehling (solução alcalina de sulfato de cobre em tampão de tartarato duplo de sódio e potássio) é reduzido a óxido cuproso (SILVA et al., 2003). Inicialmente, a solução de Fehling foi padronizada utilizando uma solução de glicose a 0,5%. Cerca de 5 g de amostras de TR e EE foram solubilizadas em água destilada, clarificadas com soluções de ferrocianeto de potássio 0,25 M e acetato de zinco 1 M e filtradas.

Para a determinação dos açúcares redutores, a solução de Fehling foi titulada a quente com as soluções das amostras até a formação de um precipitado vermelho, com desaparecimento total da coloração azul.

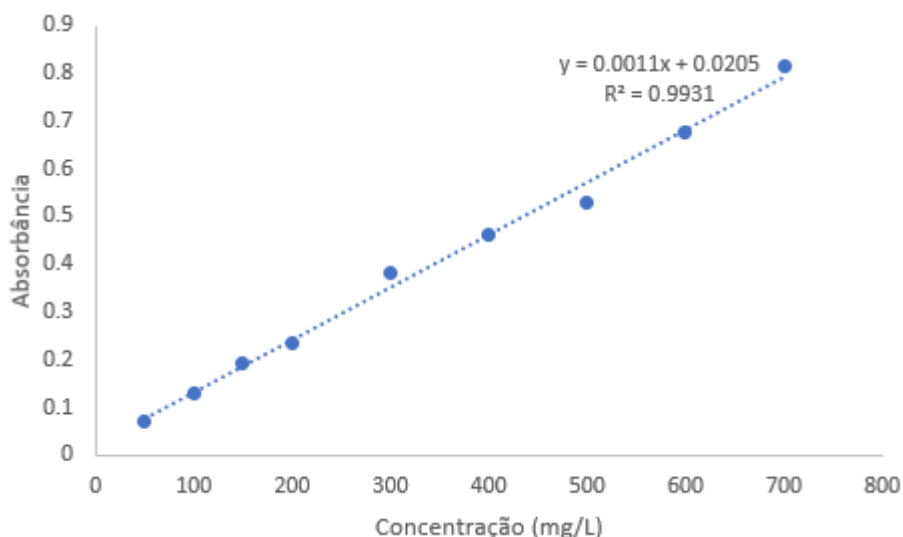
4.2.3 Análises dos Biocompostos

4.2.3.1 Compostos Fenólicos Totais

Os conteúdos de compostos fenólicos totais foram determinados por meio de ensaios colorimétricos, tal como descrito por Singleton e Rossi (1965) utilizando o reagente de Folin - Ciocalteu. Os extratos foram preparados de acordo com a descrição de Leite et al. (2018), com solubilização das amostras de TR e EE em álcool etílico 25% na proporção de 1:10 (m/V), sendo posteriormente submetidos a aplicação de ultrassom utilizando uma sonda ultrassônica de potência por 10

minutos com potência de 240W e ciclos de 50%. Em seguida, as misturas obtidas foram filtradas a vácuo e submetidas à análise de compostos fenólicos totais. Alíquotas de 0,5 mL foram misturadas com 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e 8 mL de água destilada. Após 3 minutos, se adicionou 1 mL de solução de carbonato de sódio 20%, e após descanso de 1 hora no escuro, foram feitas as leituras de absorbância a 765 nm. Para quantificação foi construída uma curva de calibração (Figura 3) utilizando ácido gálico como padrão, em concentrações de 0 a 700 mg/L, nas mesmas condições descritas anteriormente. Os resultados foram expressos em mg/100g de amostra.

Figura 3 – Curva de calibração de ácido gálico para quantificação de compostos fenólicos totais.



4.2.3.2 Carotenoides Totais

Os carotenoides totais foram determinados espectrofotometricamente conforme método descrito por Rodríguez-Amaya (1999). Aproximadamente 1 g de amostras de TR e EE foram adicionadas a tubos de ensaio com 10 ml de clorofórmio e agitados em vórtex por 10 minutos. Os sólidos foram separados da parte líquida e submetidos à nova extração com 10 ml de clorofórmio. A mistura resultante foi filtrada em papel filtro sendo as fases líquidas combinadas e avolumadas com clorofórmio em balão volumétrico de 20 ml. A solução final foi submetida à leitura no espectrofotômetro em comprimento de onda de 450 nm e os carotenoides totais

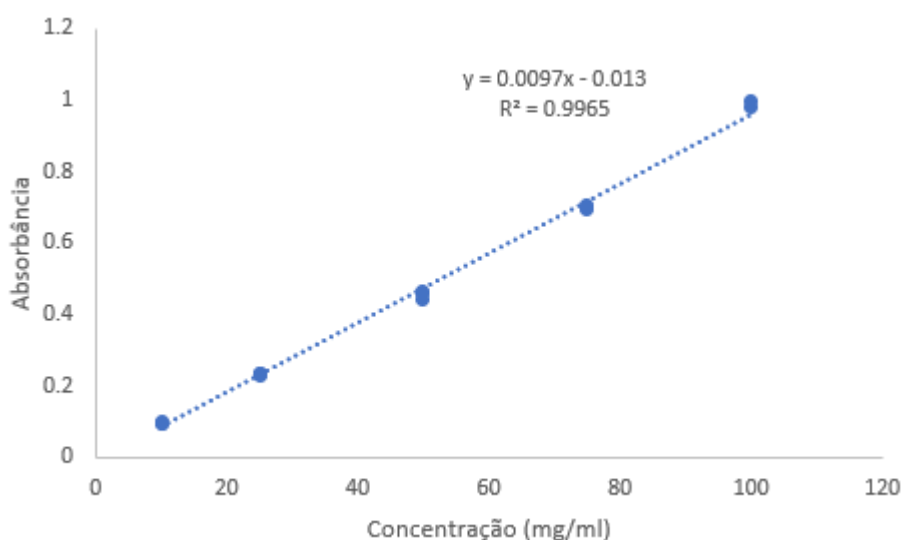
calculados utilizando o coeficiente de absorvidade molar para o β -caroteno em clorofórmio ($\epsilon = 2396$). Os resultados foram expressos em mg/100g de amostra.

4.2.3.3 Flavonoides Totais

A quantificação dos flavonoides totais foi realizada segundo Hossain e Rahman (2011), com modificações. Os extratos foram preparados conforme descrito por Leite et al. (2018), com modificações, com solubilização das amostras de TR e EE em álcool etílico 25% na proporção de 1:6 (m/V), sendo posteriormente submetidos a aplicação de ultrassom utilizando uma sonda ultrassônica de potência por 10 minutos com potência de 240W e ciclos de 50%. Em seguida, as misturas obtidas foram filtradas a vácuo e submetidas à análise de flavonoides totais, empregando-se quercetina como padrão de referência.

Alíquotas de 0,5 mL de cada extrato foram transferidas para tubos falcon de 15 ml. Foram acrescentados 0,1 ml de cloreto de alumínio 10%, 0,1 ml de acetato de sódio 1M e 4,3 ml de álcool etílico. Após agitação e repouso no escuro por 30 minutos a absorbância das amostras foi medida a 425 nm contra um branco preparado com 0,5 ml de álcool etílico no lugar dos extratos. Para quantificação foi criada uma curva de calibração (Figura 4) utilizando quercetina como padrão, em concentrações de 10 a 100 mg/mL, nas mesmas condições descritas acima.

Figura 4 – Curva de calibração de quercetina para quantificação de flavonoides totais.



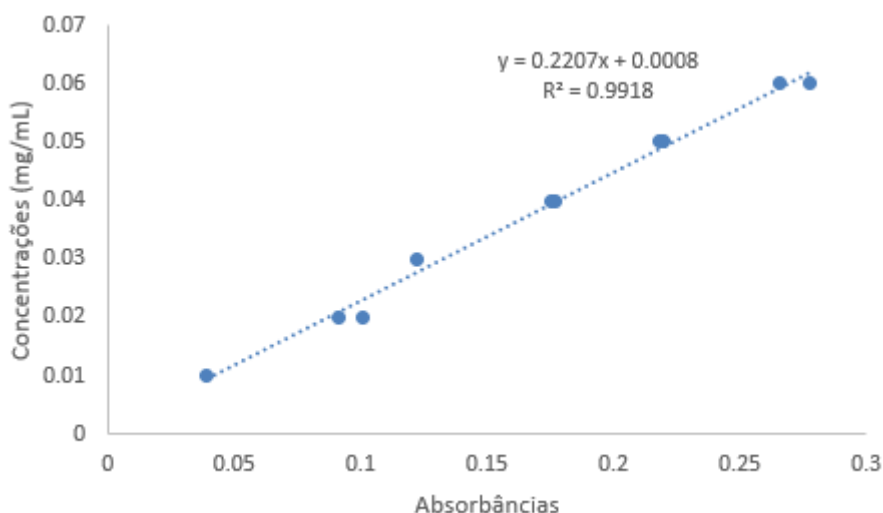
Os resultados foram expressos em mg/100g de amostra.

4.2.3.4 Ácido Ascórbico

A quantificação de ácido ascórbico foi determinada de acordo com método descrito por Souza (2007), que utiliza a reação do 2-6 diclorofenolindofenol (DCFI) com o ácido ascórbico da amostra, com posterior leitura espectrofotométrica a 520 nm. Em triplicata, cerca de 5 g de TR e EE foram solubilizados e completados com ácido oxálico 0,4% em balões volumétricos de 100 ml e posteriormente filtrados.

Alíquotas de 1 mL dos extratos de cada amostra foram pipetadas em 3 tubos de ensaio, sendo que uma delas foi misturada a 9 mL de água destilada para o branco. Cada amostra foi acrescida de 9 ml de solução de DCFI e agitada em vórtex para a primeira leitura em espectrofotômetro. Após, uma pequena quantidade de cristal de ácido ascórbico foi acrescentada, com posterior agitação manual até que a solução se tornasse incolor para realização de nova leitura. As absorbâncias das amostras foram medidas em espectrofotômetro a 520 nm contra um branco utilizando solução de ácido oxálico 0,4%. Para quantificação foi criada uma curva de calibração (Figura 5) utilizando ácido ascórbico como padrão, em concentrações de 0,01 a 0,07 mg/mL, nas mesmas condições descritas acima. Os resultados foram expressos em mg/100g de amostra.

Figura 5 – Curva de calibração do ácido ascórbico para quantificação de vitamina C.



4.2.4 Composição Mineral

As determinações dos macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram realizadas por análise química foliar segundo metodologias de Malavolta et al. (1997), com ambos os materiais, TR e EE, desengordurados previamente.

4.2.5 Composição em ácidos graxos

A composição em ácidos graxos foi determinada empregando-se cromatografia gasosa de ésteres metílicos de ácidos graxos, de acordo com o método da AOCS (1998), utilizando um cromatógrafo gasoso, com injetor automático e detector de ionização de chama. Os compostos foram separados em coluna capilar altamente polar de bis-cianopropil polisiloxano de 100 m de comprimento, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura do filme de 0,20 μm . A programação de temperatura da coluna foi iniciada em 140°C por 5 minutos, aquecida a 4°C/min até 240°C e mantida em isoterma durante 15 minutos. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 250 e 260°C, respectivamente. As amostras foram injetadas no volume de 1 μL , adotando-se a razão de divisão de 1:100. O gás de arraste foi o hélio com velocidade linear de 19,5 mL/min.

Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões externos. A quantificação foi realizada com base nas relações de área de cada ácido graxo com a área do padrão interno (Zenebon et al., 2008), utilizando os fatores de correção de resposta do detector de ionização de chama e de conversão de ésteres metílicos de ácidos graxos para ácido graxo.

4.2.6 Atividade antioxidante

A análise da atividade antioxidante foi determinada conforme metodologia descrita por Brand-Willians et al. (1995), com modificações feitas pela Embrapa (2007). Este método consiste em avaliar a atividade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH). À medida que o radical é capturado pelos

compostos antioxidantes, nota-se a redução na absorbância, que é monitorada ao longo do tempo até a estabilização da leitura. Os resultados são medidos pela quantidade de amostra necessária para reduzir 50% do radical DPPH, expressos em EC₅₀. Assim, quanto menor o valor expresso na análise de DPPH, maior a atividade antioxidante da amostra analisada (RESENDE, 2016).

Para o cálculo da porcentagem de inibição, cerca de 3 g de amostra da TR e do EE foram diluídos em 60 mL de metanol (50%), dessa solução foram feitas diluições de 50, 38, 25 e 12 mg/mL. De cada uma das soluções foram pipetados 0,1 mL e misturados com 3,9 mL de uma solução de DPPH (60 mM) utilizando vórtex. Após 1 hora para a TR e 1 hora e 30 minutos para o EE, a absorbância da mistura foi medida a 515 nm. Uma amostra controle (sem amostra) foi preparada e a absorbância medida de forma idêntica. Os valores de absorbância obtidos foram convertidos em porcentagem inibitória pela fórmula:

$$\% \text{ Inibitória} = \frac{(Abs_{\text{controle}} - Abs_{\text{amostra}})}{Abs_{\text{controle}}} * 100$$

onde Abs_{controle} é a absorbância da amostra controle e Abs_{amostra} é a absorbância da mistura amostra + DPPH.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Na Tabela 1 estão apresentadas as composições centesimais da TR obtida após extração do óleo da polpa do pequi e do EE obtido após separação da polpa e da amêndoa do pequi. É possível verificar que em termos gerais os materiais analisados apresentaram elevadas porcentagens de lipídios, fibras e carboidratos. As maiores diferenças na composição centesimal da TR e do EE foram observadas com relação a cinzas e proteínas.

Tabela 1 – Composição centesimal (%) da torta residual (TR) e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi.

Composição centesimal (%) [*]	TR	EE
	Torta residual	Endocarpo espinhoso
Umidade	3,9 ± 0,15	3,8 ± 0,05
Cinzas	3 ± 0,0	1,7 ± 0,05
Lipídios	30,9 ± 0,1	32,6 ± 1,05
Proteínas	12 ± 0,6	6 ± 0,46
Fibras + Carboidratos ^{**}	50,2	55,9

* Valores médios (n=3) ± desvio padrão.

** Calculado por diferença.

Os valores de umidade encontrados no presente estudo (3,9% para TR e 3,8% para EE) justificam-se pelo fato do material utilizado ter sido seco previamente. Baixas porcentagens de umidade, muitas vezes, são interessantes pois inibem reações indesejáveis e crescimento microbiano, aumentando a estabilidade do produto. Resende (2016) ao avaliar os resíduos de buriti, obteve valores semelhantes aos obtidos na torta desengordurada por prensagem a frio e no endocarpo de pequi no presente estudo: 4,26 g/100g de umidade na torta artesanal, 5,32 g/100g na torta desengordurada quimicamente e 4,29 g/100g no endocarpo do fruto.

Os valores de cinzas estão relacionados com o conteúdo mineral presente nas amostras. A torta residual apresentou porcentagem de cinzas superior ao endocarpo

espinhoso. Rodrigues (2010) ao avaliar tortas desengorduradas por prensagem a temperatura ambiente obteve os seguintes valores de cinzas: açaí 2,39%, buriti 3,48% e cupuaçu 5,85%. Sendo assim, a TR de pequi possui valores superiores de cinzas em comparação às tortas residuais de açaí produzidas por prensagem a frio.

A extração de óleo da polpa de pequi por prensagem a frio apresenta aproximadamente 55% de eficiência quando comparada a extração com solvente a quente (MALACRIDA et al., 2018). Assim, as tortas residuais apresentam quantidade significativa de óleo (30,9%). Rodrigues (2010) ao avaliar tortas desengorduradas por prensagem a frio obteve os seguintes valores de lipídios: açaí 9,97%, buriti 7,81% e cupuaçu 20,98%. Com relação ao EE, o valor encontrado de 32,6% foi superior ao relatado por Oliveira et al. (2008) ao afirmarem que os espinhos do pequi possuem 28,4 g/100g de óleo. Essa elevada porcentagem de lipídios se deve provavelmente a polpa que se manteve aderida ao endocarpo mesmo após a extração manual, devido a presença de espinhos que dificultam sua retirada por completo.

A TR da polpa de pequi apresentou valor considerável de proteínas (12%), o dobro da quantidade presente no EE (6%). Resende (2016) obteve 4,62 g/100g de proteínas na torta artesanal de buriti e 6,20 g/100g na torta desengordurada quimicamente. O EE de pequi apresentou quantidade superior de proteínas que o relatado por Oliveira et al. (2008) nos espinhos de pequi: 3,9 g/100g de proteínas.

As quantidades de carboidratos+fibras na TR e no EE foram de 50,2% e 55,9%, respectivamente. Ribeiro (2012) analisando tortas da polpa de pequi observou 40,4% de fibra bruta. Ao analisarem a polpa de pequi, Lima et al. (2007) encontraram 11,45 g/100g e Paz et al. (2014) 19,8% de carboidratos. Tais resultados sugerem que os valores obtidos para carboidratos+fibras no presente trabalho são compostos em sua maior parte por fibras.

Variações na composição centesimal em diferentes pesquisas desenvolvidas, devem-se à utilização de diferentes metodologias, bem como à utilização de frutos de diferentes regiões do Cerrado, as quais apresentam particularidades climáticas e de cultivo.

5.2 AÇÚCARES REDUTORES

Os resultados das análises de açúcares redutores da torta residual (TR) de extração do óleo da polpa e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi obtidos, encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Conteúdos de açúcares redutores (g/100g) na torta residual (TR) e no endocarpo espinhoso (EE) do pequi.

	TR	EE
	Torta residual	Endocarpo espinhoso
Açúcares Redutores (g.(100g de amostra))*	6,2 ± 0,16	6,5 ± 1,23

* Valores médios (n=3) ± desvio padrão.

Os teores de açúcares redutores obtidos foram superiores aos 3,7% e 3,5% descritos por Furtado et al. (2008) em avaliação de polpa de pequi *in natura* e base seca, respectivamente. O mesmo vale para os valores observados por Oliveira et al. (2017), que encontraram uma média 2,44 g/100g de açúcares redutores na polpa de pequi colhido no pé e após a queda.

5.3 ANÁLISES DE BIOCOMPOSTOS

O pequi ocorre em regiões com elevada incidência de raios solares, tendo como consequência a geração de radicais livres. Essa condição, somada às altas taxas de lipídios que possui o pequi, favorecem a biossíntese de compostos antioxidantes como compostos fenólicos e carotenoides (LIMA et al., 2007).

Os resultados das análises de biocompostos da TR e do EE do pequi obtidos no presente estudo são apresentados na Tabela 3.

A TR da polpa de pequi apresentou 372 mg EAG/100g de fenólicos totais. A quantidade desses compostos na polpa de pequi é de 209 mg EAG/100g segundo Lima et al. (2007). Resende (2016) ao avaliar os resíduos de buriti obteve 680 mg EAG/100g de polifenóis extraíveis da torta artesanal e 740 mg EAG/100g da torta desengordurada quimicamente.

Tabela 3 – Conteúdos de compostos fenólicos totais (mg EAG/100 g), carotenoides totais (mg/100g), flavonoides totais (mg/100 g) e ácido ascórbico (mg/100 g) na torta residual (TR) e no endocarpo espinhoso (EE) do pequi.

Biocompostos (mg.(100g de amostra))*	TR	EE
	Torta residual	Endocarpo espinhoso
Fenólicos totais	372 ± 16,80	480,5 ± 19,09
Carotenoides totais	7,8 ± 0,42	6,4 ± 0,07
Flavonoides totais	2,7 ± 0,0	3 ± 0,21
Ácido Ascórbico	16 ± 2,64	--**

* Valores médios (n=3) ± desvio padrão.

** Resultados não significativos

A obtenção de tortas com elevados teores de fenólicos sugere que os mesmos não são transportados completamente com o óleo extraído, o que corrobora com os estudos de Vieira et al. (2011) ao concluírem que estes compostos são hidrossolúveis, após analisar os teores de compostos fenólicos presentes na polpa de frutas, e com Malacrida et al. (2018) que verificaram 8,42 mg/100g (84,2 µg/g) de compostos fenólicos no óleo de pequi extraído por prensagem a frio em processo idêntico ao do presente trabalho. A elevada quantidade de compostos fenólicos observada no EE (480,5 mg EAG/100 g) pode estar associada à polpa que permanece aderida ao EE do pequi após extração manual.

O teor de carotenoides totais obtido no presente trabalho para TR (7,8 mg/100g) é próximo ao observado por Lima et al. (2007) (7,25 mg/100g) na polpa de pequi. Embora os carotenoides sejam compostos lipossolúveis, uma parcela considerável destes compostos ficou retida na TR junto aos lipídios remanescentes. A polpa residual presente no EE também contribuiu para a quantidade de carotenoides totais encontrada neste material (6,4 mg/100g). Resende (2016) observou quantidades de carotenoides totais no endocarpo de buriti (0,291 mg /100g) bastante inferior ao do EE de pequi.

As concentrações de flavonoides totais encontradas na TR e no EE apresentaram valores semelhantes: 2,7 e 3,0 mg/100g, respectivamente. Castro (2014) avaliou a torta de café obtida por prensagem a frio e verificou concentração de flavonoides totais de 3,96 mg/100g, valor este próximo aos encontrados no

presente trabalho. É possível notar que os resultados obtidos são coerentes, uma vez que a concentração de flavonoides é menor que de compostos fenólicos por serem os flavonoides constituintes específicos dentre os compostos fenólicos.

Não foi possível quantificar, pela metodologia utilizada, o ácido ascórbico no EE uma vez que as leituras de absorbância não demonstraram resultados significativos.

De maneira geral, os compostos fenólicos foram os biocompostos prevalecentes tanto na TR quanto no EE, seguidos pelo ácido ascórbico e pelos carotenoides totais.

5.4 COMPOSIÇÃO MINERAL

Os resultados das análises da composição mineral da TR e do EE do pequi desengordurados, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição mineral da torta residual (TR) e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi, desengordurados.

Constituintes minerais*	TR	EE	IDR (mg/dia)
	Torta residual	Endocarpo espinhoso	Ingestão Diária Recomendada
Macronutrientes g/Kg			
N	20,4 ± 0,68	13,0 ± 0,16	--
P	1,9 ± 0,1	1,0 ± 0,06	700**
K	20,6 ± 0,49	14,7 ± 0,25	3510***
Ca	3,8 ± 0,07	2,9 ± 0,12	1000**
Mg	1,4 ± 0,07	0,9 ± 0,04	260**
S	2,1 ± 0,04	2,1 ± 0,07	--
Micronutrientes mg/Kg			
B	11,1 ± 0,13	8,7 ± 0,57	--
Cu	14,6 ± 0,34	8,1 ± 0,1	0,9**
Fe	29,2 ± 0,67	119,3 ± 9,67	14**
Mn	347,8 ± 8,75	134,5 ± 9,21	2,3**
Zn	31,9 ± 0,7	57,7 ± 4,35	7**

IDR: Ingestão Diária Recomendada; * Valores médios (n=3) ± desvio padrão; -- não determinado; ** ANVISA (2004); *** (OMS, 2013).

Cada nutriente presente nos alimentos, além de desempenhar funções específicas, como coloração e sabor, é essencial para a obtenção de um equilíbrio metabólico dos organismos. Para tanto, faz-se necessário o consumo de uma alimentação equilibrada em quantidades suficientes de nutrientes. As quantidades ideais de minerais variam de uma cultura para outra, a depender, por exemplo, da espécie e das condições climáticas (OTA, 2018).

Entre os macronutrientes, a predominância é de K, seguido do mineral N, tanto na TR quanto no EE, corroborando com Ribeiro (2012) que observou na torta desengordurada de pequi 27 g/kg (2,7%) de K, cerca de 20 g/kg (2%) de N e cerca de 3 g/Kg (0,3%) de Ca, valores próximos aos obtidos na presente pesquisa. A necessidade diária do macromineral potássio para um adulto, independente do gênero, é de 3510 mg/dia (OMS, 2013). Esse macronutriente é um intracelular muito importante para manter o equilíbrio homeostático de líquidos corporais, sendo fundamental, por exemplo, para a realização da contração muscular cardíaca. Em caso de concentrações elevadas desse mineral, o organismo pode sofrer com paralisia muscular, arritmia e confusão mental, e em caso de concentrações diminuídas do mesmo, há riscos de ausência de reflexos, polidipsia, hipotensão e dilatação cardíaca (OTA, 2018).

Quanto aos micronutrientes, o mineral majoritário é o Mn, em ambos os materiais avaliados. No EE, o segundo maior constituinte é o Fe, e na TR, o Zn. Os valores do micronutriente Cu obtidos são próximos aos resultados de Ribeiro (2012) na torta de pequi (13 mg/kg) e Oliveira et al. (2010) na polpa do fruto (17 mg/Kg). Porém, os valores de Fe e Zn encontrados em quantidades consideráveis no presente trabalho, são superiores aos obtidos nas pesquisas realizadas pelos mesmos autores: 3 e 2 mg/kg (RIBEIRO, 2012), 10,1 e 13,7 mg/Kg (OLIVEIRA et al., 2010), respectivamente. A quantidade elevada de Fe encontrada é superior inclusive ao que relata Vieira et al. (2006) sobre o pequi: o fruto possui 16 mg de ferro por Kg de polpa. A ingestão diária recomendada (IDR) de ferro é de 14 mg/dia. Esse microelemento essencial é fundamental à formação das hemoglobinas, e sua deficiência pode causar anemia, glossite, cefaleia e cáries. O zinco é essencial para as fases de crescimento e desenvolvimento humano, atuando no sistema imunológico, na reparação de tecidos, além de desempenhar funções enzimáticas e hormonais. A ingestão diária recomendada desse microelemento é de 7 mg/dia. O

manganês possui IDR inferior aos demais minerais (2,3 mg/dia) (ANVISA, 2004), porém está envolvido em importantes processos metabólicos como o metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios (OTA, 2018).

5.5 COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS

Tanto no lipídio da TR como do EE do pequi, pode ser observado o predomínio dos ácidos graxos oleico e palmítico. O ácido graxo oleico está presente em maior concentração na TR (60,29%), seguido pelo ácido graxo palmítico (33,41%), assim como no EE nas concentrações de 57,44% e 35,08%, respectivamente. Também estão presentes o ácido esteárico, linoleico, palmitoleico e outros ácidos graxos em menores quantidades (Tabela 5).

Tabela 5 – Composição em ácidos graxos (%) da torta residual (TR) e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi.

Ácidos Graxos (%) *	Número de carbonos	Torta residual TR	Endocarpo espinhoso EE
Mirístico	C14:0	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,01
Palmítico	C16:0	33,41 ± 0,20	35,08 ± 0,10
Palmitoleico	C16:1	0,73 ± 0,02	1,18 ± 0,00
Esteárico	C18:0	2,30 ± 0,02	3,97 ± 0,12
Oleico	C18:1	60,29 ± 0,46	57,44 ± 0,01
Linoleico	C18:2	2,27 ± 0,54	1,57 ± 0,23
Linolênico	C18:3	0,42 ± 0,09	0,22 ± 0,03
Araquídico	C20:0	0,18 ± 0,00	0,20 ± 0,01
Eicosanóico	C20:1	0,28 ± 0,00	--
Eicosadienóico	C20:2	--	0,11 ± 0,00
Heptadecanóico	C17:0	--	0,11 ± 0,01
Insaturados		63,99	60,52
Monoinsaturados		61,30	58,62
Polinsaturados		2,69	1,90
Saturados		36,01	39,49

*Valores médios (n=2) ± desvio padrão; -- não determinado.

A predominância dos ácidos graxos oleico e palmítico, corroboram com o que relatam Oliveira et al. (2008) sobre a polpa de pequi (55,65% e 37,3% de ácido graxo oleico e palmítico, respectivamente) e com os resultados apresentados por outros autores que analisaram a composição de ácidos graxos presente no óleo da polpa de pequi: 56,19% e 39,06% (MALACRIDA et al., 2018); 55,87% e 35,17% (LIMA et al., 2007); 48,17% e 39,60 g/100g (CORDEIRO et al., 2013); 56,5 e 32 g/100g (RIBEIRO, 2011); 52,66% e 39,55% (LOPES et al., 2012), respectivamente. Apenas há divergências entre os autores quanto ao terceiro ácido graxo predominante na polpa de pequi: Oliveira et al. (2008), Ribeiro (2011) e Lopes et al. (2012) observaram o ácido graxo linoleico como terceiro constituinte majoritário, enquanto Malacrida et al. (2018), Lima et al. (2007) e Cordeiro et al. (2013) constataram ser o ácido graxo esteárico o terceiro predominante no óleo da polpa de pequi. Tanto a TR quanto o EE apresentaram o ácido esteárico como terceiro ácido graxo predominante.

Sendo assim, os lipídios remanescentes na TR da polpa, bem como os lipídios do EE do pequi, possuem predominância dos mesmos ácidos graxos presentes no óleo extraído da polpa do fruto.

Considerando que tanto a TR quanto o EE apresentaram elevadas quantidades de lipídios, esses materiais constituem importantes fontes de ácidos graxos para compor uma dieta saudável, especialmente ácidos graxos monoinsaturados. Existem evidências a favor dos benefícios do consumo de ácidos graxos monoinsaturados para controle dos fatores de risco tradicionais para a doença cardiovascular aterosclerótica e controle da pressão arterial (SANTOS et al., 2013).

5.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Na Tabela 6 e Figura 6 estão apresentadas, respectivamente, a atividade antioxidante e a porcentagem de inibição dos extratos metanólicos da TR e EE, utilizando o método de captura dos radicais DPPH, avaliadas neste estudo.

Os resultados de EC_{50} correspondem a concentração de extrato em mg/mL capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH. Portanto, quanto menor o valor do EC_{50} , maior será a atividade antioxidante do extrato analisado.

Tabela 6 – Capacidade antioxidante de extratos da torta residual (TR) e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi utilizando o radical livre DPPH na concentração 25 mg/mL.

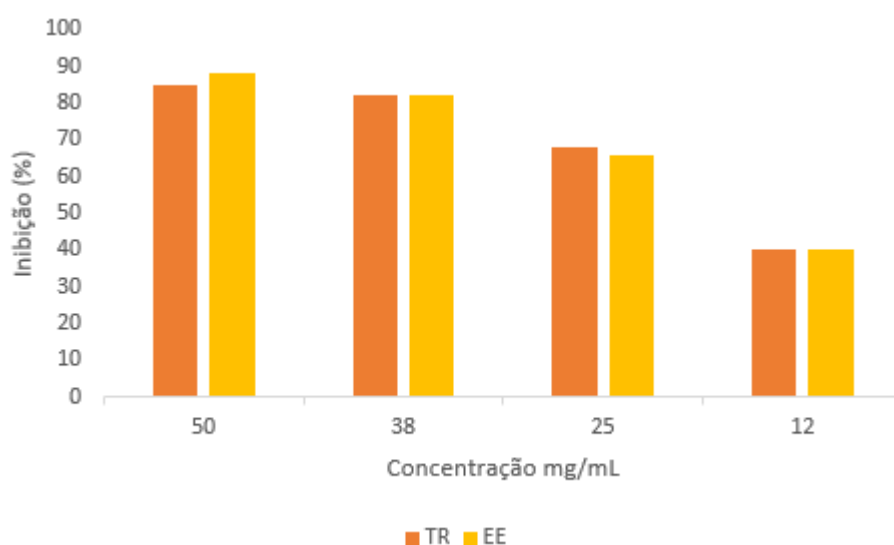
Capacidade Antioxidante*	TR Torta residual	EE Endocarpo espinhoso
EC ₅₀ (mg/mL)	15,4	16,3
Porcentagem Inibitória (%)	68,2	66,4

* Valores médios (n=3).

A TR e o EE apresentaram valores de EC₅₀ semelhantes, embora a TR tenha demonstrado atividade antioxidante ligeiramente superior. Os compostos antioxidantes presentes na TR são aqueles que não foram extraídos com o óleo, na sua maioria compostos fenólicos. Quanto ao EE, além dos compostos antioxidantes pertencentes ao próprio material, há, ainda, a presença de compostos do resíduo da polpa que não foi completamente separado.

Resende (2016) obtiveram na torta artesanal e na torta desengordurada quimicamente de buriti valores de EC₅₀ de 9,7 e 5,4 mg/mL, respectivamente.

Figura 6 – Porcentagem de inibição de extratos da torta residual (TR) e do endocarpo espinhoso (EE) do pequi utilizando o radical livre DPPH em uma mesma concentração



O método do DPPH tem sido muito utilizado atualmente para determinar a atividade antioxidante. No entanto, vale ressaltar que essa metodologia avalia a capacidade antioxidante, sobretudo, pelo conteúdo de compostos fenólicos, sendo pouco indicada para detectar o potencial antioxidante de compostos carotenoides (RIBEIRO, 2011). Embora o EE tenha apresentado maior concentração de compostos fenólicos que a TR, a capacidade antioxidante desse material foi menor. Vale ressaltar que no estudo da capacidade antioxidante deve-se levar em consideração não apenas a quantidade, mas também as possíveis interações entre os diferentes compostos antioxidantes presentes no material (ROESLER, 2007).

Uma possibilidade, é que a elevada porcentagem de lipídios, proteínas, fibras, carboidratos, minerais, compostos fenólicos e carotenoides totais, bem como a atividade antioxidante no EE, se deve a polpa que permanece aderida ao mesmo após a extração manual, devido à presença de espinhos que dificulta sua retirada por completo.

CONCLUSÃO

A TR e o EE mostraram-se como importantes fontes de nutrientes, considerando que ambos são descarte e resíduo do pequi após extração do óleo por prensagem. Ambos apresentaram elevada porcentagem de lipídios, além de consideráveis quantidades de proteínas, fibras e carboidratos.

Na fração lipídica do EE e da TR prevaleceram os ácidos graxos oleico e palmítico.

A TR e o EE apresentaram-se como uma fonte interessante de compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos e carotenoides totais, uma vez que são comumente pouco aproveitados para fins nutricionais. Ambos apresentaram valores de atividade antioxidante consideráveis, sugerindo a preservação de compostos antioxidantes na TR.

Quanto à composição mineral, TR e EE possuem quantidades consideráveis dos macronutrientes K e N, bem como dos micronutrientes Mn, Zn e Fe, o que confere importância aos mesmos, agregando valor nutricional a eles.

A TR e o EE apresentaram uma aplicação economicamente viável e ambientalmente correta dos resíduos da extração a frio do óleo do pequi. Usualmente esses resíduos são utilizados como ração animal, no entanto, observando-se a composição de ambos, verifica-se o potencial desses materiais no desenvolvimento de matéria-prima para a indústria farmacêutica, concentrados de fibras e proteínas e principalmente produtos para alimentação humana, constituindo uma importante alternativa alimentar que contribui para o acesso a uma alimentação adequada, especialmente em regiões carentes e onde os alimentos tradicionais fontes desses nutrientes podem estar escassos ou ausentes.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária**. “Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais”. Dezembro, 2004.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 2000.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). **Official methods of analysis**, 17th edition. Horwitz W. Gaithersburg, Maryland, 2000.
- AOCS (American Oil Chemist's Society). **Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. Champaign: AOCS, 2003.
- AOCS (American Oil Chemist's Society). **Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. Champaign: AOCS, 1998.
- BAETA, D. S. **Avaliação de características físico-químicas e bioquímicas do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em suas diversas formas de armazenamento**. Araraquara – SP, 2013. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Biotecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie - LWT**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Portaria MS nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Ingestão Diária Recomendada (IDR) para proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 16 de janeiro de 1998.
- CARDOSO, L. M. **Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do cerrado de Minas Gerais: ocorrência e conteúdo de carotenóides e vitaminas**. Visçosa – MG, 2011. 78 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciência da Nutrição, Universidade Federal de Visçosa.
- CASTRO, A. C. C. M. **Avaliação do perfil químico de fenólicos, do potencial antioxidante e fotoprotetor da torta de semente de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae)**. Araraquara – SP, 2014. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista.
- CORDEIRO, M. W. S.; CAVALLIERI, A. L. F.; FERRI, P. H.; NAVES, M. M. V. Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, 2013.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela**

captura do radical livre DPPH – Comunicado Técnico 127. Fortaleza – CE. Jul de 2007.

FURTADO, G. F.; PORTO, A. G.; ZELA, S. P.; SILVA, F. S. Avaliação físico-química do pequi submetido à secagem em camada delgada. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq/PROBIC - UNEMAT, 4., 2008, Cáceres. **Anais...** Cáceres: UNEMAT, 2008.

GÖCZE, K. C. **Análise exploratória de carotenóides, óleos essenciais e triacilglicerídios do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de municípios brasileiros situados no bioma Cerrado.** Viçosa – MG, 2011. 201 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa.

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

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, S. M. M. Total phenolics, flavonoids and antioxidante activity of tropical fruit pineapple. **Food Research International**, v. 44, p. 672-676, 2011.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by fehling's solution with methylene blue indicator. **Norman Rodge**, London, 8 p., 1934.

LEITE, A. C. M.; NUNES, N. S. S.; VELOSO, A. L.; CHICA, L. R. Aplicação de ultrassom na extração de compostos fenólicos de resíduo do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 6., 2018, São José do Rio Preto. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/seca/seca-2018/trabalhos/aplicacao-de-ultrassom-na-extracao-de-compostos-fenolicos-de-residuo-do-pequi-%28caryocar-brasiliense-camb.%29>> Acesso em: 23 jan. 2020.

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 - SP, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LOPES, R. M.; SILVA, J. P.; VIEIRA, R. F.; SILVA, D. B.; GOMES, I. S.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 635-640, 2012.

MALACRIDA, C. R.; MORAES, I. C. F.; ROSSO, V. V.; RODRIGUES, C. E. C.; SOUZA, A. C. Effect of the application of an enzymatic pretreatment on bioactive compounds of *Caryocar brasiliense* Camb pulp oil. **J Food Process Preserv.** 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfpp.138>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

OLIVEIRA, L. R. **Avaliação dos compostos fenólicos e das propriedades antioxidantes da polpa do pequi (*Caryocar spp*) processado e *in natura***. São Paulo – SP, 2010. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Alimentos e de Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. 1ª edição. Fortaleza – CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32 p., (Documentos, 113). ISSN 1677-1915.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, M. B.; MAIA, A. H. N.; ALVES, R. E.; MATOS, N. M. S.; SAMPAIO, F. G. M.; LOPES, M. M. T. Características químicas e físico-químicas de pequis da Chapada do Araripe, Ceará. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 1, p. 114-125, 2010.

OLIVEIRA, M. N. S. O.; LOPES, P. S. N.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; PEREIRA, E. G.; RIBEIRO, L. M. Qualidade pós colheita do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) coletado na planta ou após a queda natural e submetido ao congelamento lento ou rápido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 39, n. 1, e-768, 2017.

OLIVEIRA, W. I.; SCARIOT, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi**. 1ª edição. Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 84 p.

OMS. **Atualiza recomendações sobre níveis máximos de sal e mínimos de potássio**, 2013. Disponível em: <<http://www.apn.org.pt/noticia.php?id=74>> Acesso em: 24 jan. 2020.

OTA, K. C. G. G. **Caracterização físico-química, biocompostos e minerais de *Ananas ananassoides* cultivados em diferentes condições de luminosidade**. Assis – SP, 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras.

PAZ, J. G.; PACHECO, P.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) in natura. **Revista Científica Linkania**, Uberlândia – MG, v. 1, n. 8, p. 73-86, 2014.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOLUS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; HUBINGER, M. D. Vida de prateleira de goiabas minimamente processadas adicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 23, n. 3, p. 427- 433, 2003.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**, Brasília – DF, v. 5, n. 1, 2013.

RÉGIS, W. C. B.; SOUZA, M. R. R.; SILVEIRA, R. A. A. Comparação preliminar da composição química de diferentes partes do pequi (*Caryocar brasiliense*) comercializado no Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas Gerais. **Revista Percorso Acadêmico**, Belo Horizonte – MG, v. 3, n. 6, p. 269-279, 2013.

RESENDE, L. M. **Avaliação do potencial de aproveitamento de resíduos da extração de óleo de buriti para produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados**. Belo Horizonte – MG, 2016. 92 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais.

RIBEIRO, D. M. **Propriedades físicas, químicas e bioquímicas de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes regiões do cerrado**. Brasília – DF, 2011. 63 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Nutrição, Universidade de Brasília.

RIBEIRO, R. F. L. **Avaliação de tortas de oleaginosas com potencial para produção de biodiesel na obtenção de materiais adsorventes para remoção de metais em meio aquoso**. Belo Horizonte – MG, 2012. 159 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fontes de fibras para elaboração de pães integrais**. Piracicaba – SP, 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.A. **Guide to Carotenoid Analysis in Food**. International Life Sciences Institute Press, Washington, USA, 1999.

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 – SP, v. 27, n. 1, p. 53- 60, 2007.

ROESLER, R. **Estudo de frutas do Cerrado brasileiro para avaliação de propriedade funcional com foco na atividade antioxidante**. Campinas – SP, 2007. 208 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SANTOS, R. D.; GAGLIARD, A. C. M.; XAVIER, H. T.; MAGNONI, C. D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A. M. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo – SP, v. 100, n. 1, p. 1-40, 2013.

SILVA, R. N.; MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.; ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 23, n. 3, p. 337-341, 2003.

SINGLETON, V.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, 1965, p. 144–158.

SOUZA, S. V. C. **Procedimento para validação Intralaboratorial de métodos de ensaio:** delineamento e aplicabilidade em análises de alimentos. Belo Horizonte – MG, 2007. 296 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. 1ª edição. Brasília-DF: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p. ISBN 978-85-87697-44-8.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p.148-154. – 1ª Edição Digital.