

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA

DÉBORA MELO RIBEIRO

**PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DE
PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) DE DIFERENTES
REGIÕES DO CERRADO**

Brasília
2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA

DÉBORA MELO RIBEIRO

**PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DE
PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) DE DIFERENTES
REGIÕES DO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Departamento de Nutrição da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição Humana. Área de Concentração: Bioquímica Nutricional.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Margareth Veloso Naves

Brasília
2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA

PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DE PEQUI DE DIFERENTES REGIÕES DO CERRADO

Prof^a Dr^a Maria Margareth Veloso Naves
Presidente - Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Celso Luiz Moretti
Membro - Universidade de Brasília (UnB)

Dr^a Tânia da Silveira Agostini-Costa
Membro - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN)

Brasília, 31 de outubro de 2011

DEDICATÓRIA

Dedico este título aos meus pais, que são meus exemplos de vida e as pessoas que mais me amam neste mundo. Dentre as muitas coisas que eles me ensinaram, aprendi a sempre dar o meu melhor em tudo e ter um coração grato.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela vida e por ter me dado inteligência e sabedoria para chegar onde estou hoje. Aos meus pais, meus maiores fãs, por todo amor, paciência, dedicação, por todos os princípios e ensinamentos que me fizeram quem sou, pelo sacrifício involuntário e por sempre acreditarem na minha capacidade, possibilitando esta conquista.

Aos meus irmãos, Pri e Is, e meu cunhado-irmão Sostio, pelo carinho, apoio, amizade, inspiração e por serem exemplos de perseverança para mim. À minha sobrinha linda Gabi, pela simplicidade que tantas vezes me inspirou.

À todos os meus familiares, por sempre torcerem por mim e me apoiarem na conquista dos meus sonhos. Em especial a Tia Dina, Janete, Adriano e Simone por terem me recebido em suas casas quando precisei ficar em Brasília.

Agradeço à Prof^a Dr^a Maria Margareth Naves, primeiramente por ter me acolhido na equipe do Laboratório de Nutrição Experimental (LANUTE), também pela orientação sempre presente e por ser um exemplo de pesquisadora dedicada, responsável, organizada e apaixonada pela ciência. Obrigada por ter compartilhado comigo um pouco de conhecimento e experiências acumulados.

À minha amiga Dr^a Ana Cristina Rebelo, que além de ter me auxiliado nas análises estatísticas, sempre me motivou a perseverar nos momentos difíceis desta caminhada, sendo um exemplo de determinação.

Às colegas do LANUTE, Daniela Canuto e Aline Medeiros, por terem me ensinado e ajudado com as análises físicas e químicas, e por sempre estarem prontas a ajudar. À bolsista de PIBIC Bárbara, que apesar do pouco tempo que esteve conosco, sua ajuda foi fundamental para este trabalho. Aos demais colegas e bolsistas do laboratório, obrigada pelo apoio, ajuda e troca de conhecimentos.

À Prof^a Dr^a Mara Reis Silva, por ter aberto as portas do Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos (LANAAL) para a realização das análises químicas. Ao técnico do LANAAL, Tiago Dias, por toda paciência, auxílio e dedicação de tempo enquanto estive neste laboratório. Ao Prof. Dr. Eduardo Asquieri, por ter aberto as portas do seu laboratório na Faculdade de Farmácia.

À Dr^a Tânia Agostini-Costa, por ter me recebido na Embrapa para as análises de carotenoides, por toda paciência e dedicação, e também pela participação na banca e contribuições com o trabalho. Ao Prof. Dr. Celso Moretti pela participação na banca e contribuições.

A todos os meus amigos, que me escutaram, me aconselharam, me divertiram, entenderam minha ausência neste momento, mas não se esqueceram de mim.

À CAPES e Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação (DPP) pela concessão da bolsa de estudos e fomento à pesquisa. Ao CNPq pelo auxílio à pesquisa.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

O Cerrado possui grande diversidade de frutos, destacando-se o pequi, que parece possuir um bom potencial antioxidante pela presença de compostos bioativos em sua polpa, porém é pouco explorado em pesquisas. Diante da importância do estudo dos compostos bioativos e sua atividade antioxidante, assim como da biodiversidade do bioma Cerrado, é relevante pesquisas que considerem as diferenças físicas, químicas e bioquímicas de frutos oriundos de diferentes regiões do Cerrado. Este estudo envolveu a investigação de compostos bioativos e atividade antioxidante na polpa de frutos de pequi oriundos de oito diferentes regiões do Cerrado de quatro estados (Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e Tocantins), considerando suas diferenças físicas, químicas e bioquímica. Para análise física, avaliou-se: massas do fruto, mesocarpo e caroço; diâmetros do fruto e caroço; alturas do fruto e caroço; número de caroços, e massa e rendimento da polpa, além da análise de cor. A polpa dos frutos foi analisada quanto às composições centesimal e em ácidos graxos, teores de compostos fenólicos e carotenoides totais e potencial antioxidante, segundo metodologias padronizadas na literatura. As características físicas que apresentaram maiores coeficientes de variação foram: massas da polpa e mesocarpo e número de caroços. Constataram-se menores coeficientes de variação para o diâmetro e a altura do caroço. Os frutos que apresentaram maior rendimento de polpa foram oriundos de Goiás (região 1) e Tocantins (região 2), com rendimento médio de 37%. Em relação à cor, os frutos provenientes de Goiás (regiões 1 e 2) e de Tocantins (região 2) apresentaram maiores valores de luminosidade (L) e menores valores do parâmetro de croma a^* , indicando frutos mais claros. Já os frutos de Minas Gerais (região 2) tiveram menores valores de L e maiores valores de a^* , sugerindo frutos com maior tonalidade vermelha. Os frutos que apresentaram maiores valores de b^* foram oriundos de Tocantins (regiões 1 e 2) e de Minas Gerais (região 1). Os frutos considerados menos amarelos foram os de Goiás (regiões 1 e 2) e de Minas Gerais (região 2). Quanto à composição centesimal, os frutos provenientes de Mato Grosso apresentaram maiores teores de lipídios (média=32 g.100g⁻¹), ao contrário daqueles de Minas Gerais (região 1) e Tocantins (região 2), (média=15 g.100g⁻¹). Na composição em ácidos graxos, houve prevalência de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico, em todos os frutos. Os frutos com maiores teores de fenólicos foram procedentes de Goiás e Minas Gerais (215 a 335 mg GAE.100g⁻¹). As maiores concentrações de carotenoides totais foram constatadas nos frutos oriundos de Minas Gerais e Mato Grosso (15.000 a 20.000 µg.100g⁻¹). Em contrapartida, os pequis provenientes de Tocantins e Goiás (regiões 2) apresentaram menores teores de carotenoides totais (3.707 e 7.209 µg.100g⁻¹, respectivamente). A variável carotenoides se correlacionou positivamente com parâmetro de croma a^* e lipídios. Com relação à atividade antioxidante, todos os extratos apresentaram capacidade de sequestrar o radical livre DPPH, porém inferior ao padrão BHT. Os extratos aquosos apresentaram maiores atividades antioxidantes, com valores médios de EC₅₀ de 188,86 µg.mL⁻¹. Pode-se concluir que as características físicas e químicas do pequi são bastante influenciadas pela região de origem dos frutos; a cor dos frutos é influenciada pelos teores de carotenoides, e estes pela concentração de lipídios da polpa dos frutos e a polpa de pequi é rica em compostos fenólicos e carotenoides, possuindo boa capacidade antioxidante.

Palavras-chave: Pequi, Frutos nativos, Cerrado brasileiro, Compostos bioativos, Potencial antioxidante.

ABSTRACT

The Cerrado has a wide variety of fruits, especially pequi, which seems to have a good antioxidant potential for the presence of bioactive compounds in this pulp, but it has been poorly explored in researches. Given the importance of the study of bioactive compounds and their antioxidant activity, as well as the biodiversity of the Cerrado biome, researches considering physical, chemical and biochemical differences between fruits from different regions of the Cerrado are relevant. This study involved the investigation of bioactive compounds and antioxidant activity in pulp pequi fruit from eight different regions of the Cerrado of four states (Goiás, Mato Grosso, Tocantins and Minas Gerais), considering their physical, chemical and biochemical differences. For physical analysis, it was evaluated: fruit flesh and core masses, fruit and core diameters, fruit and core heights, number of cores, and pulp mass and yield, in addition to color analysis. The pequi pulp was analyzed for chemical and fatty acid compositions, total phenolic compound and carotenoids contents and antioxidant potential, according to standardized methodologies in literature. Physical characteristics showed that higher variation coefficients were: pulp and mesocarp masses and number of cores. Lower variation coefficients were observed for core diameter and height. The fruits which had higher pulp yield were from Goiás (region 1) and Tocantins (region 2), with average of 37%. Regarding color, fruits from Goiás (regions 1 and 2) and Tocantins (region 2) showed higher values of lightness (L) and lower values of chroma parameter a^* , indicating lighter fruits. Fruits from Minas Gerais (region 2) had lower L and higher a^* values, suggesting deeper red fruits. Fruits that had higher b^* values were derived from Tocantins (regions 1 and 2) and Minas Gerais (region 1). Fruits considered light yellow were from Goiás (regions 1 and 2) and Minas Gerais (region 2). Regarding to chemical composition, fruits from Mato Grosso showed higher lipid levels (mean=32 g.100g⁻¹), unlike those from Minas Gerais (region 1) and Tocantins (region 2), (mean=15 g. 100g⁻¹). In the fatty acid composition, there was a prevalence of monounsaturated fatty acids, mainly oleic acid, in all fruits. Fruits with higher phenolics concentrations were native of Goiás and Minas Gerais (215-335 mg GAE.100g⁻¹). The highest total carotenoids concentrations were found in fruits from Minas Gerais and Mato Grosso (15,000 to 20,000 µg.100g⁻¹). In contrast, pequis from Goiás and Tocantins (region 2) had lower levels of total carotenoids (3707 and 7209 µg.100g⁻¹, respectively). The variable carotenoid was positively correlated with chroma parameter a^* and lipids. Concerning to antioxidant activity, all extracts showed ability to sequester the free radical DPPH, but less than the standard BHT. Aqueous extracts showed higher antioxidant activities, with mean values of EC₅₀ of 188.86 µg.mL⁻¹. It can be concluded that physical and chemical characteristics of pequi are greatly influenced by region of origin of the fruit; the fruit color is influenced by carotenoids levels and these by lipid concentration in pulp fruits and pequi pulp is rich in phenolic compounds and carotenoids, implying in a good antioxidant capacity.

Keywords: Pequi, Native fruits, Brazilian Cerrado, Bioactive compounds, Antioxidant potential.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BHT	Butil hidroxi tolueno
CEASA-GO	Centro de Abastecimento de Goiás
CENARGEN	Recursos Genéticos e Biotecnologia
CPAC	Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado
CV	Coeficiente de variação
DMAPP	Dimetilalil pirofosfato
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EC50	Concentração da amostra necessária para inibir 50% do radical
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FANUT	Faculdade de Nutrição
FPP	Farnesil pirofosfato
GAE	Equivalentes de ácido gálico
GGPP	Geranylgeranyl pirofosfato
GPP	Geranyl pirofosfato
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IPP	Isopentenil pirofosfato
LANAAL	Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos
LANUTE	Laboratório de Nutrição Experimental
MVA	Via do mevalonato
MVE	Via do não-mevalonato
NF-κB	Fator nuclear <i>kappa</i> B
-OPP	Pirofosfato
ORAC	Capacidade de absorção de radicais de oxigênio
UFG	Universidade Federal de Goiás

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1	Aspectos morfológicos do fruto do pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.).....	15
Figura 2	A produção de metabólitos secundários a partir de vias do metabolismo primário.....	17
Figura 3	Estrutura química dos compostos fenólicos.....	19
Figura 4	Vias metabólicas de síntese dos terpenoides.....	24
Figura 5	Regiões e estados do Cerrado brasileiro de procedência dos frutos de pequi (2010/2011).....	30
Figura 6	Curva de calibração do ácido gálico.....	33
Figura 7	Frutos de pequi provenientes de Goiás (A), Minas Gerais (B), Tocantins (C) e Mato Grosso (D).....	37
Figura 8	Correlações entre massa do fruto e altura do fruto de pequis (A), massa do fruto e massa do caroço de pequis (B), massa do fruto e massa da polpa (C) de pequis.....	43
Figura 9	Correlações entre teor de carotenoides e parâmetro de croma a* (A), teor de carotenoides e luminosidade (B), teor de lipídios e teor de carotenoides (C) e teor de lipídios e parâmetro de croma a* (D).....	43
Figura 10	Correlação entre teor de fenólicos totais e EC ₅₀ do extrato aquoso em polpa de frutos de pequi.....	44
Tabela 1	Fontes alimentares de compostos fenólicos.....	22
Tabela 2	Fontes alimentares de carotenoides (µg.100g ⁻¹).....	26
Tabela 3	Estatística descritiva das características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Goiás.....	36
Tabela 4	Estatística descritiva das características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Mato Grosso.....	36
Tabela 5	Estatística descritiva das características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Minas Gerais.....	36
Tabela 6	Estatística descritiva das características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Tocantins.....	37
Tabela 7	Valores de Luminosidade (L*) e parâmetros de croma (a* e b*) de fruto de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.....	39
Tabela 8	Composição centesimal (g.100g ⁻¹) da polpa de frutos de pequi oriundos oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.....	39
Tabela 9	Composição de ácidos graxos (g.100g ⁻¹) da polpa de frutos de pequi oriundos de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.....	41
Tabela 10	Teor de compostos fenólicos totais e carotenoides totais de polpa de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.....	42
Tabela 11	Capacidade antioxidante de extratos de polpa de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro, utilizando o radical livre DPPH•.....	42
Tabela 12	Teor de compostos fenólicos totais em polpas de frutos regionais brasileiros.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	CERRADO BRASILEIRO.....	12
2.2	FRUTO DO PEQUIZEIRO.....	13
2.2.1	Caracterização física	13
2.2.2	Usos e potencial econômico	15
2.3	COMPOSTOS BIOATIVOS.....	16
2.3.1	Conceito e classificação	16
2.3.2	Compostos fenólicos	18
2.3.2.1	Caracterização química e ação antioxidante.....	18
2.3.2.2	Ácidos fenólicos.....	18
2.3.2.3	Flavonoides.....	19
2.3.2.4	Estilbenos.....	21
2.3.2.5	Lignanas.....	21
2.3.2.6	Taninos.....	21
2.3.3	Terpenoides/Isoprenoides	23
2.3.3.1	Aspectos gerais.....	23
2.3.3.2	Monoterpenos, diterpenos e triterpenos.....	25
2.3.3.3	Tetraterpenos.....	25
2.3.4	Compostos bioativos e potencial antioxidante da polpa de pequi	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	GERAL.....	29
3.2	ESPECÍFICOS.....	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	AQUISIÇÃO DOS FRUTOS.....	30
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	31
4.2.1	Análises físicas	31
4.2.2	Análise da cor	31
4.3	PREPARO DAS AMOSTRAS.....	31
4.4	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.....	32
4.4.1	Composição centesimal	32
4.4.2	Composição em ácidos graxos	32
4.4.3	Compostos fenólicos	33
4.4.4	Carotenoides totais	33
4.5	CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA.....	34
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
5	RESULTADOS	35
5.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	35
5.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	38
5.3	CARACTERÍSTICA BIOQUÍMICA.....	40
5.4	CORRELAÇÕES.....	42
6	DISCUSSÃO	45

7	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado está localizado em sua quase totalidade no Planalto Central do Brasil e constitui o segundo maior bioma nacional. Como consequência de sua extensão, ocorre uma grande variabilidade de clima e solos, além de uma grande diversidade de fauna e flora. Assim, a flora do Cerrado possui diversas espécies frutíferas com grande potencial de utilização agrícola e tecnológica (ALHO; MARTINS, 1995; ALMEIDA, 1998).

Dentre os diversos frutos nativos do Cerrado, destaca-se o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), cuja rede de comércio é bem estabelecida nos estados da região Centro-Oeste do Brasil. O pequi possui uma polpa com sabor peculiar, muito apreciada na culinária regional. Além disso, o pequi tem sido alvo de indústrias de cosméticos, pelo seu alto teor e composição em lipídios (PIANOVSKI et al., 2008; RIBEIRO, 2000; SILVA; TASSARA, 2001).

Além do potencial gastronômico e tecnológico, os frutos regionais podem ser fonte de compostos bioativos importantes para a saúde, especialmente aqueles que sequestram os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio, e conseqüentemente, contribuem para redução do risco de desenvolvimento de doenças e agravos não-transmissíveis. Este efeito protetor se dá por causa da presença de compostos antioxidantes, como fenólicos e carotenoides (LIMA et al., 2004; PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009; RAO; RAO, 2007; TEMPLE, 2000).

Estudos indicam que o pequi tem um bom potencial antioxidante, porém pesquisas acerca dos teores de carotenoides totais e compostos fenólicos totais, considerando a biodiversidade desse bioma, são escassos ou delineados de forma inadequada com amostragem restrita a uma pequena região do Cerrado (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; MIRANDA-VILELA et al., 2009a; MIRANDA-VILELA et al., 2009b; RIBEIRO, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Dessa forma, este estudo baseou-se na hipótese de que há diferenças quanto às características físicas, químicas e bioquímica de frutos de pequi oriundos de diferentes regiões do Cerrado brasileiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CERRADO BRASILEIRO

O bioma Cerrado constitui a segunda maior vegetação brasileira, sendo superado apenas em área pela Amazônia. Ocupa 21% do território nacional e está sob a influência de diversos climas, apresentando uma ampla diversidade genética intra e interespecífica em sua flora. O termo Cerrado é usado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, campos, matas e matas de galeria) que ocorrem no Planalto Central brasileiro (EITEN, 1994). A área nuclear do Cerrado abrange cerca de 2 milhões de km², estando distribuída nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal. Cortado por três das sete maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Tocantins-Araguaia, São Francisco e Platina), possui índices pluviométricos regulares que propiciam sua grande biodiversidade (ALHO; MARTINS, 1995; ALMEIDA, 1998; OLIVEIRA; MARQUIS, 2002).

O Cerrado apresenta as mais diversas formas de vegetação, desde campos sem árvores, ou arbustos, até o Cerrado lenhoso denso com matas de galeria (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997). O clima desta região é caracterizado como tropical estacional, distinguindo-se por um período chuvoso (setembro a abril) e um período de seca (maio a agosto). A precipitação anual é em média de 1.500 mm e as temperaturas médias anuais são geralmente amenas, entre 22°C e 27°C (SILVA et al., 2001). A vegetação, em sua maior parte, é constituída por gramíneas, arbustos e árvores esparsas. As árvores têm caules retorcidos e raízes longas, que permitem a absorção da água, disponível nos solos do Cerrado abaixo de 2 metros de profundidade, mesmo durante a estação seca (CASTRO et al., 1999).

Reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, o Cerrado possui riquíssima flora com mais de 10.000 espécies de plantas, sendo 4.000 endêmicas deste bioma, o que representa 1,5% de toda a flora mundial (PINTO; DINIZ FILHO, 2005). A flora predominante é constituída por plantas nativas e por espécies acessórias (vindas de outras formações vegetais) e de repetições (espécies que ocorrem em mais de um tipo de formação). O Cerrado *stricto sensu* é

a formação mais comum, sendo a mais rica em espécies frutíferas nativas com interesse para aproveitamento alimentar (AGUIAR; CAMARGO, 2004).

A flora do Cerrado possui diversas espécies frutíferas com grande potencial de utilização agrícola e tecnológica, as quais são tradicionalmente utilizadas na alimentação pela população local e representam uma fonte de renda para as comunidades da região (CASTRO et al., 1999; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997). No entanto, a exploração da maioria das plantas nativas do Cerrado está ocorrendo de maneira predatória e não-sustentável. Além disso, a acelerada exploração no Cerrado, nas últimas décadas, por desmatamentos, na maioria das vezes realizados sem planejamento e fiscalização, acabam por prejudicar sua biodiversidade e sustentabilidade, causando desequilíbrios ecológicos neste ecossistema (SILVA et al., 2001).

Especialistas de instituições financiadas pelo governo brasileiro, tais como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - CPAC) e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), assim como cientistas de outras instituições estão conscientes da ação urgente que deve ser tomada para salvar a existência e a viabilidade do bioma Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997).

Nos últimos anos, instituições de pesquisa, ensino e proteção ambiental têm estudado e divulgado o potencial de utilização das espécies do Cerrado. Além disso, têm sido implementadas ações de conscientização dos agricultores quanto à utilização das espécies de forma racional e sustentável. Ainda, devem ser iniciadas pesquisas participativas com as comunidades, como forma de garantir a sustentabilidade ecológica, o manejo adequado e o melhor aproveitamento das diversas espécies frutíferas na alimentação humana (AGOSTINI-COSTA et al., 2010; ALHO; MARTINS, 1995; ALMEIDA, 1998).

2.2 FRUTO DO PEQUIZEIRO

2.2.1 Caracterização física

Dentre os frutos nativos do Cerrado, destaca-se o pequi, também chamado de piqui, piquiá-bravo, amêndoa-de-espinho, grão-de-cavalo, pequiá, pequiá-pedra,

pequerim, suari e piquiá (LORENZI, 2002). O nome pequi se origina da língua indígena tupi “pyqui”, no qual “py” significa casca ou pele, “qui” espinhos, ou seja, “casca espinhosa”, denominação alusiva aos espinhos característicos do mesocarpo do fruto (HERINGER, 1969 *apud* ARAÚJO, 1995).

O pequizeiro ocorre no cerradão distrófico (solos mais pobres) e mesotrófico (solos mais ricos ou com fertilidade mediana), no Cerrado denso, no Cerrado sentido restrito e no Cerrado ralo, onde são encontradas três espécies: *Caryocar brasiliense* Camb., *Caryocar coriaceum* Wittm. e *Caryocar cuneatum* Wittm. A primeira espécie é considerada a mais importante, pela sua maior ocorrência, abrangendo todo o Cerrado, principalmente os estados da Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins (ALMEIDA et al., 1998). É uma planta semidecídua, heliófita, seletiva xerófila, característica do Cerrado brasileiro. Ocorre geralmente em agrupamentos mais ou menos densos, tanto em formações primárias, quanto secundárias e pioneiras (LORENZI, 2002). É uma árvore que pode atingir 10 m de altura ou ter porte pequeno, por causa da baixa fertilidade do solo ou de fatores genéticos. Esta planta floresce durante os meses de agosto a novembro, com os frutos iniciando a maturação em meados de novembro, podendo ser encontrados até início de fevereiro (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 2002).

O fruto do pequizeiro é constituído por exocarpo de coloração marrom-esverdeada, mesocarpo externo, formado por uma polpa branca, que abriga de 1 a 6 caroços (pirênios), e mesocarpo interno (polpa comestível do fruto) de coloração que varia de amarelo pálido a alaranjado intenso, possuindo odor forte característico. O endocarpo espinhoso do pequi protege uma amêndoa, que também é uma porção comestível do fruto e é revestida por um tegumento fino e marrom (Figura 1) (ALMEIDA, 1998; SILVA et al., 1994).

A polpa de pequi apresenta teor elevado de lipídios ($33,4 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), e carotenoides ($7,25 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (LIMA et al., 2007). O perfil de ácidos graxos da polpa de pequi é composto predominantemente por ácidos graxos insaturados (61%), especialmente o ácido oléico. Destaca-se, ainda, que esta porção comestível do pequi possui conteúdo considerável de fibras alimentares – cerca de 10% (LIMA et al., 2007; OLIVEIRA, et al., 2010).

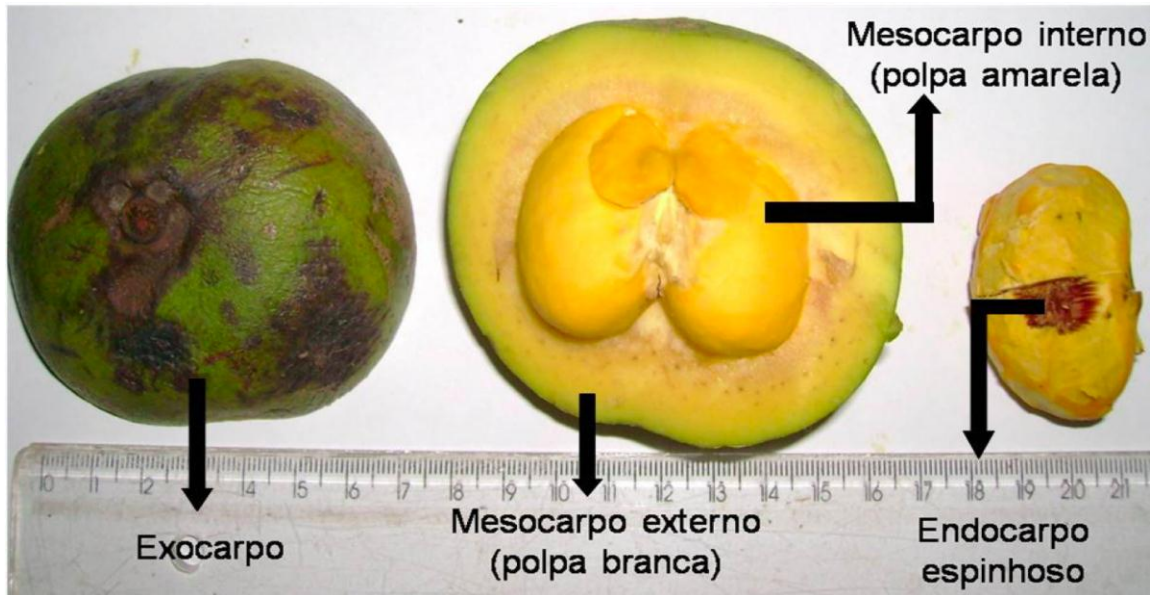


Figura 1. Aspectos morfológicos do fruto do pequi - pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Fonte: Alves et al. (2012).

2.2.2 Usos e potencial econômico

O pequi é muito apreciado nas regiões onde ocorre e seu uso regional é bastante difundido. Sua polpa é utilizada em preparações da culinária regional, tais como arroz com pequi, galinhada com pequi, batida de pequi, carne moída com pequi, pamonha com pequi e licor de pequi. Já a amêndoa é usada como ingrediente de farofas, doces e paçocas, sendo também consumida salgada, como petisco (ALMEIDA et al., 1998).

O óleo da polpa tem uso medicinal popular pelo seu efeito tonificante, sendo usado contra bronquites, gripes e resfriados. O chá das folhas é tido como regulador do fluxo menstrual e usado como estimulante da secreção da bile, pelo seu alto poder adstringente (ALMEIDA et al., 1998; OLIVEIRA, 2008). Este uso medicinal deve ser alvo de pesquisas para comprovação científica destes efeitos citados. O óleo da polpa de pequi também é utilizado na indústria de cosméticos para a produção de sabonetes e cremes, devido, principalmente, ao seu alto teor de carotenoides (LIMA et al., 2007; SILVA; TASSARA, 2001; PIANOVSKI et al., 2008).

O pequi é uma árvore ornamental devido ao porte de sua copa e à beleza de suas flores, sendo considerada uma árvore melífera, por atrair vários tipos de abelhas (ALMEIDA et al., 1998). Suas folhas e casca vêm sendo utilizadas como matéria-prima na fabricação de tinturas, resultando em corantes de cor amarela de excelente qualidade (ALMEIDA et al., 1998). A madeira do pequi é durável e

tem uso regional na construção civil e na fabricação de móveis (SILVA JÚNIOR, 2005).

O pequi exerce uma grande influência na renda dos agricultores habitantes do Cerrado, constituindo uma alternativa temporária de renda. A coleta e comercialização do pequi *in natura* ocorrem, principalmente, em pólos de produção desta frutífera, onde existe uma grande oferta de frutos, em quantidade e qualidade, envolvendo famílias de baixa renda e moradores de regiões carentes (NAVES; NASCIMENTO; SOUZA, 2010). Outra forma que muitas famílias utilizam para aumentar a renda é a extração do óleo do pequi, que é feita, muitas vezes, com o fruto que foi coletado e não vendido *in natura*. O processo de extração é muito rudimentar, com baixa produtividade e qualidade, sendo que o óleo obtido é vendido em centros de comercialização, a preços baixos (SILVA et al., 2001).

Algumas variáveis são importantes na composição do preço dos frutos, como tamanho do fruto, rendimento e coloração da polpa, sabor e estágio de maturação. Um estudo feito por Vera (2004) mostrou que os compradores da Central de Abastecimento de Goiás (CEASA - GO) têm preferência por frutos maiores, com maior número e tamanho de caroços. Dessa forma, frutos e caroços grandes e polpa de cor amarela-alaranjada são características desejáveis na comercialização dos frutos de pequi.

2.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

2.3.1 Conceito e classificação

Compostos ou substâncias bioativas representam constituintes “extra nutricionais”, naturalmente presente em pequenas quantidades em alimentos de origem vegetal, que possuem um papel metabólico ou fisiológico no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo. O alimento ou ingrediente que contenha compostos bioativos em sua composição, pode, além de funções nutricionais básicas, produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica. (KITTS, 1994; BRASIL, 1999). Segundo consenso publicado por Biesalski et al. (2009), compostos bioativos são compostos essenciais e não-essenciais, que ocorrem na natureza, fazem parte da cadeia alimentar, e podem apresentar um

efeito benéfico à saúde humana. Muitos estudos já evidenciaram as várias ações biológicas destas substâncias em humanos, como propriedades antioxidantes e antiinflamatórias, efeitos favoráveis na trombose e na tumorigênese, efeitos cardioprotetores, dentre outros (KRIS-ETHERTON et al., 2002).

As substâncias bioativas são, em sua maioria, metabólitos vegetais secundários, os quais exercem papel fundamental para a sobrevivência da planta, por meio dos seguintes mecanismos: na proteção contra infecções microbianas e virais, e contra radiação ultravioleta; na atração de polinizadores e frugívoros e na alelopatia e sinalização (DIXON, 1999). As maiores classes de metabólitos secundários produzidos pelas plantas podem ser divididas em três grandes grupos: compostos fenólicos, substâncias terpenoides/isoprenoides e compostos contendo nitrogênio ou enxofre (AHARONI; GALILI, 2011). Estas três grandes classes são produzidas por diferentes vias metabólicas primárias (Figura 2).

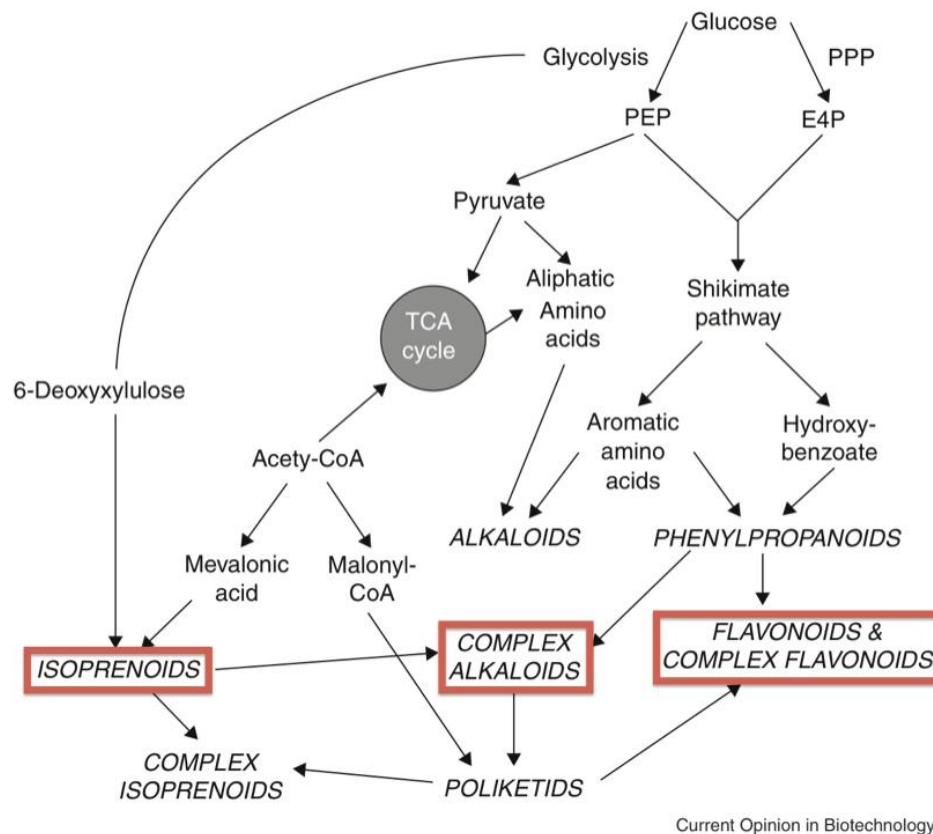


Figura 2. A produção de metabólitos secundários a partir de vias do metabolismo primário. Fonte: Aharoni e Galili (2011).

2.3.2 Compostos fenólicos

2.3.2.1 Caracterização química e ação antioxidante

Compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas, e estão, comumente, envolvidos na defesa contra radiação ultravioleta e agressão por patógenos. Com base na estrutura e na maneira pela qual os anéis fenóis ligam-se entre si, estes compostos podem ser classificados em diferentes grupos: ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignanas, taninos entre outros (Figura 3) (MANACH et al., 2004). A Tabela 1 apresenta os alimentos considerados fontes de compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos são considerados poderosos antioxidantes, podendo agir de diferentes formas. Eles podem combater os radicais livres, pela doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila da sua estrutura aromática, que possui a capacidade de suportar um elétron desemparelhado. Nesse sentido, podem agir também interrompendo a reação de propagação de radicais livres na oxidação lipídica; modificando o potencial redox do meio, e reciclando outros antioxidantes, como o α -tocoferol. Além disso, os compostos fenólicos podem quelar íons metais pró-oxidantes, como o ferro e o cobre, prevenindo, portanto, a formação de radicais livres. Estas propriedades antioxidantes também interferem na carcinogênese, protegendo o DNA de danos oxidativos, desativando carcinógenos, inibindo a expressão de genes mutados e a atividade de enzimas que promovem a carcinogênese, e, por fim, promovendo a detoxificação de xenobióticos (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; MCANLIS et al., 1999; YANG et al., 2001).

2.3.2.2 Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos podem ser divididos em duas classes: derivados do ácido benzoico e derivados do ácido cinâmico. O conteúdo de ácido hidroxibenzoico em plantas comestíveis é geralmente muito pequeno, sendo encontrado em poucos alimentos, como algumas frutas vermelhas, cebola e rabanete preto. Sendo assim, estes ácidos não têm sido muito estudados e, atualmente, não são considerados de grande interesse nutricional (MANACH et al., 2004).

Já os ácidos hidroxicinâmicos são mais comuns, e consistem principalmente dos ácidos p-coumárico, caféico, ferúlico e sinápico. Estes ácidos raramente são encontrados na forma livre, estando em sua forma glicosilada ou ligados a ésteres de ácido quínico, ácido chiquímico ou ácido tartárico (MANACH et al., 2004). A

combinação dos ácidos caféico e quínico forma o ácido clorogênico, que é encontrado em vários tipos de frutas e, em altas concentrações, no café (CLIFFORD, 1999). O ácido ferúlico é o ácido fenólico mais abundante nos cereais, principalmente nas camadas externas dos grãos. O grão de trigo, por exemplo, contém 98% de ácido ferúlico total na sua camada aleurona e no pericarpo (MANACH et al., 2004).

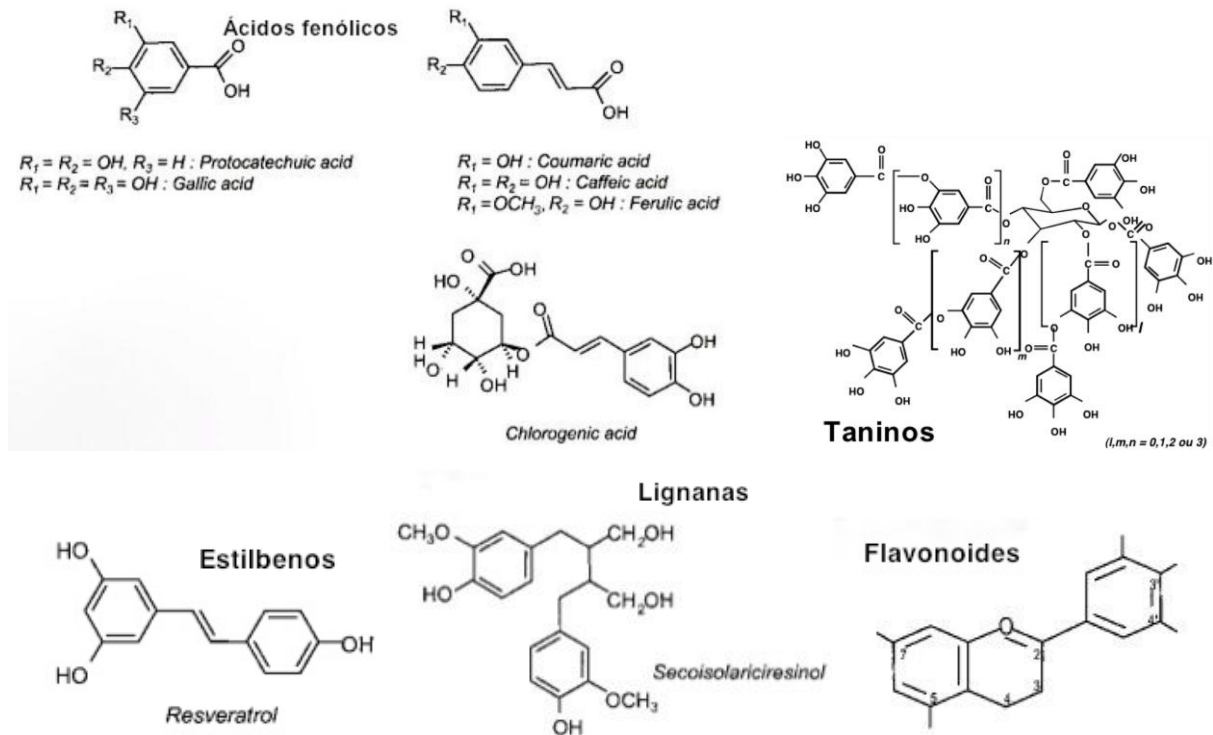


Figura 3. Estrutura química dos compostos fenólicos. Fonte: Manach et al. (2004).

2.3.2.3 Flavonoides

Os flavonoides podem ser divididos em seis subclasses: flavonois, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas e flavanois. Os flavonois são os flavonoides mais presentes nos alimentos, são representados principalmente pela quercetina e pelo kaempferol e estão presentes nos alimentos nas formas glicosiladas. Os alimentos mais ricos neste composto são: cebola, alho poró e mirtilo (MANACH et al., 2004). Os flavonois se acumulam mais nos tecidos vegetais exteriores (pele e folhas) porque a sua biossíntese é estimulada pela luz. Dessa forma, há diferenças

marcantes nas concentrações existentes entre partes do fruto de uma mesma árvore, dependendo de sua exposição à luz solar (PRICE et al., 1995).

As flavonas são bem menos comuns nas frutas e hortaliças que os flavonóis e consistem basicamente de glicosídeos de luteolina e apigenina. As únicas importantes fontes comestíveis deste flavonoide são a salsa e o aipo. Por outro lado, as flavanonas estão presentes em altas concentrações em frutas cítricas e em quantidades menores no tomate e em algumas plantas aromáticas, como a menta. As flavanonas são geralmente glicosiladas por um dissacarídeo, como a neohesperidose, que transmite um sabor amargo, ou a rutinose, sem sabor (MANACH et al., 2004).

As isoflavonas são flavonoides que podem ocorrer tanto na forma de aglicona como na forma glicosilada. Apesar de não serem esteroides, a configuração análoga dos grupos hidroxila da molécula de isoflavona e de estradiol confere propriedades pseudo-hormonais às isoflavonas, incluindo a capacidade de se ligar a receptores de estrógeno. São encontradas quase que exclusivamente em leguminosas, sendo a soja a principal fonte deste composto na dieta humana (MANACH et al., 2004).

Ao contrário das outras classes de flavonoides, os flavanóis não estão em sua forma glicosilada nos alimentos. As catequinas são encontradas no vinho tinto e em várias frutas, porém as melhores fontes destes compostos são o chá verde e o chocolate (MANACH et al., 2004).

Antocianinas são pigmentos dissolvidos no fluido vascular vegetal de tecidos da epiderme de flores e frutos, aos quais conferem coloração rosa, vermelha, azul ou roxa. Existem em diferentes formas químicas, coloridas ou não, de acordo com o pH. A forma aglicona (antocianidinas) é a mais instável, e condições oxidantes podem degradá-la. Porém, esta degradação é prevenida pela glicosilação, geralmente com uma glicose na posição 3 e esterificação com vários ácidos orgânicos (ácidos málico e cítrico) e ácidos fenólicos (MANACH et al., 2004). Na dieta humana, as antocianinas, principalmente a cianidina, são encontradas em vinho tinto, algumas variedades de folhas e vegetais, sendo mais abundantes em frutas, como amora, mirtilo, cereja, morango e ameixa. O conteúdo de antocianinas nos frutos é proporcional à intensidade da coloração deles, e são encontradas principalmente na casca dos frutos, exceto as frutas vermelhas, nas quais as

antocianinas estão presentes também no suco e polpa (CLIFFORD, 1999; ES-SAFI; CHEYNIER; MOUTOUNET, 2002).

2.3.2.4 Estilbenos

São encontrados apenas em pequenas quantidades na dieta humana. O resveratrol é o estilbeno que mais tem sido estudado, pelos seus efeitos anticarcinogênicos. É encontrado em pequenas quantidades no vinho, e estudos mais recentes mostram estar presente também em outros alimentos, como o amendoim (BHAT; PEZZUTO, 2002; VITRAC et al., 2002; WENZEL; SOMOZA, 2005).

2.3.2.5 Lignanas

As lignanas são formadas por duas unidades de fenilpropano e sua melhor fonte dietética é a linhaça, que contém secoisolariciresinol e pequenas quantidades de matairesinol (MANACH et al., 2004). São metabolizadas a enterodiol e enterolactona pela microflora intestinal. As pequenas quantidades ingeridas de secoisolariciresinol e matairesinol pela dieta não são contabilizadas na concentração dos metabólitos enterodiol e enterolactona. Portanto, há outras lignanas de origem vegetal precursoras destes metabólitos que ainda não foram identificadas (HEINONEIN et al., 2001).

2.3.2.6 Taninos

As proantocianidinas, também chamadas de taninos condensados, são dímeros, oligômeros ou polímeros de catequinas, que se conjugam por ligações entre os C4 e C8 (MANACH et al., 2004). Quando em contato com proteínas salivares, estes flavanois formam complexos que são responsáveis pelo sabor adstringente característico de algumas frutas, como uva, pêssego, caqui, maçã, pera etc., e de algumas bebidas, como vinho, cidra, chá e cerveja (SANTOS-BUELGA; SCALBERT, 2000). As mudanças nesta adstringência ocorrem durante o processo de maturação dos frutos, desaparecendo quando atingem o estágio considerado maduro. Há certa dificuldade de se estimar os teores de proantocianidina nos frutos, por causa da grande variedade existente de estruturas e pesos moleculares (MANACH et al., 2004).

Tabela 1. Fontes alimentares de compostos fenólicos.

Grupos	Alimento	Conteúdo (mg.100g ⁻¹ ou mg.100mL ⁻¹)		
Ácidos fenólicos ¹	Alcachofra	45		
	Ameixa	14-115		
	Amora	8-27		
	Batata	10-19		
	Berinjela	60-66		
	Café	35-175		
	Cereja	18-115		
	Chicória	20-50		
	Farinha de arroz, trigo, aveia	6-9		
	Farinha de milho	31		
	Framboesa	6-10		
	Groselha preta	4-13		
	Kiwi	60-100		
	Maçã	5-60		
	Mirtilo	200-220		
	Morango	2-9		
	Pera	1,5-60		
Suco de maçã	1-50			
Flavonoides ¹	- Antocianidinas	Ameixa	2-25	
		Amora	100-400	
		Berinjela	750	
		Cereja	35-450	
		Groselha preta	130-400	
		Mirtilo	25-500	
		Morango	15-75	
		Repolho roxo	25	
		Ruibarbo	200	
		Uva preta	30-750	
		Vinho tinto	20-35	
		- Flavonois	Alho-porró	3-22
			Brócolis	4-10
	Cebola amarela		35-120	
	Chá preto		3-4,5	
	Chá verde		2-3,5	
	Couve galega		30-60	
	Damasco		2,5-5	
	Feijão verde ou branco		1-5	
	Groselha preta		3-7	
	Maçã		2-4	
	Mirtilo		3-16	
	Tomate		0,2-1,5	
	Tomate cereja		1,5-20	
	Uva preta		1,5-4	
	Vinho tinto	0,1-1,5		
	- Flavonas	Aipo	2-14	
		Pimenta-da-guiné	0,5-1	
		Salsa	24-185	
	- Flavanonas	Suco de laranja	20-70	
		Suco de limão	5-30	
		Suco de toranja	10-65	
	- Isoflavonas	Extrato de soja	3-17,5	
Farinha de soja		80-180		

Tabela 1. Fontes alimentares de compostos fenólicos (continuação).

Grupos	Alimento	Conteúdo (mg.100g ⁻¹ ou mg.100mL ⁻¹)
	Miso	25-90
	Soja fervida	20-90
	Tempeh	43-53
	Tofu	8-70
- Flavanois	Amora	13
	Cereja	5-22
	Chá preto	6-50
	Chá verde	10-80
	Chocolate	46-61
	Damasco	10-25
	Feijões	35-55
	Maçã	2-12
	Pêssego	5-14
	Suco de maçã	4
	Uva	3-17,5
	Vinho tinto	8-30
Estilbenos ²	Amendoim cozido	0,2-0,7
	Amendoim cru	0-0,2
	Cacau em pó	0,1-0,2
	Pasta de amendoim	0-0,1
	Suco de uva	0-0,1
	Vinho tinto americano	0-1
	Vinho tinto brasileiro	0-0,5
Lignanas ³	Semente de gergelim	29
	Semente de linhaça	370
	Vegetais brássicos	0,2-2,3
	Vinho tinto	0,1

Fonte: ¹Manach et al. (2004); ²Hurst et al. (2008); ³Milder et al. (2005).

2.3.3 Terpenoides/Isoprenoides

2.3.3.1 Aspectos gerais

Os terpenoides, também chamados de isoprenoides, representam um grupo altamente diversificado de pequenas moléculas sintetizadas pelas plantas. São distinguidos das outras classes de metabólitos secundários pela origem comum do mevalonato e isopentenil pirofosfato (IPP), e pela natureza lipofílica de suas moléculas. Quimicamente, os terpenoides, em sua maioria, são hidrocarbonetos insaturados cíclicos, com diferentes posições de oxigênio nos grupos constituintes, ligados ao esqueleto básico isopreno (WAGNER; ELMADFA, 2003).

Na natureza, moléculas terpenoides estão envolvidas em praticamente todas as interações entre vegetal e animal, vegetal e vegetal ou vegetal e microrganismos, como fitoalexinas, agentes de defesa, ferormônios ou moléculas de sinalização (WAGNER; ELMADFA, 2003). Existem mais de 20.000 diferentes metabólitos terpenos naturais, os quais são sintetizados pelo IPP e pelo seu isômero dimetilalil

pirofosfato (DMAPP), sendo divididos em quatro grupos, de acordo com o número de estruturas isopreno e o número de átomos de carbono em sua molécula: monoterpenoides, diterpenoides, triterpenoides e tetraterpenoides (Figura 4) (SALMINEN et al., 2008). Nos organismos vegetais, o grupo mais abundante é o dos tetraterpenoides, representados pelos carotenoides (WAGNER; ELMADFA, 2003).

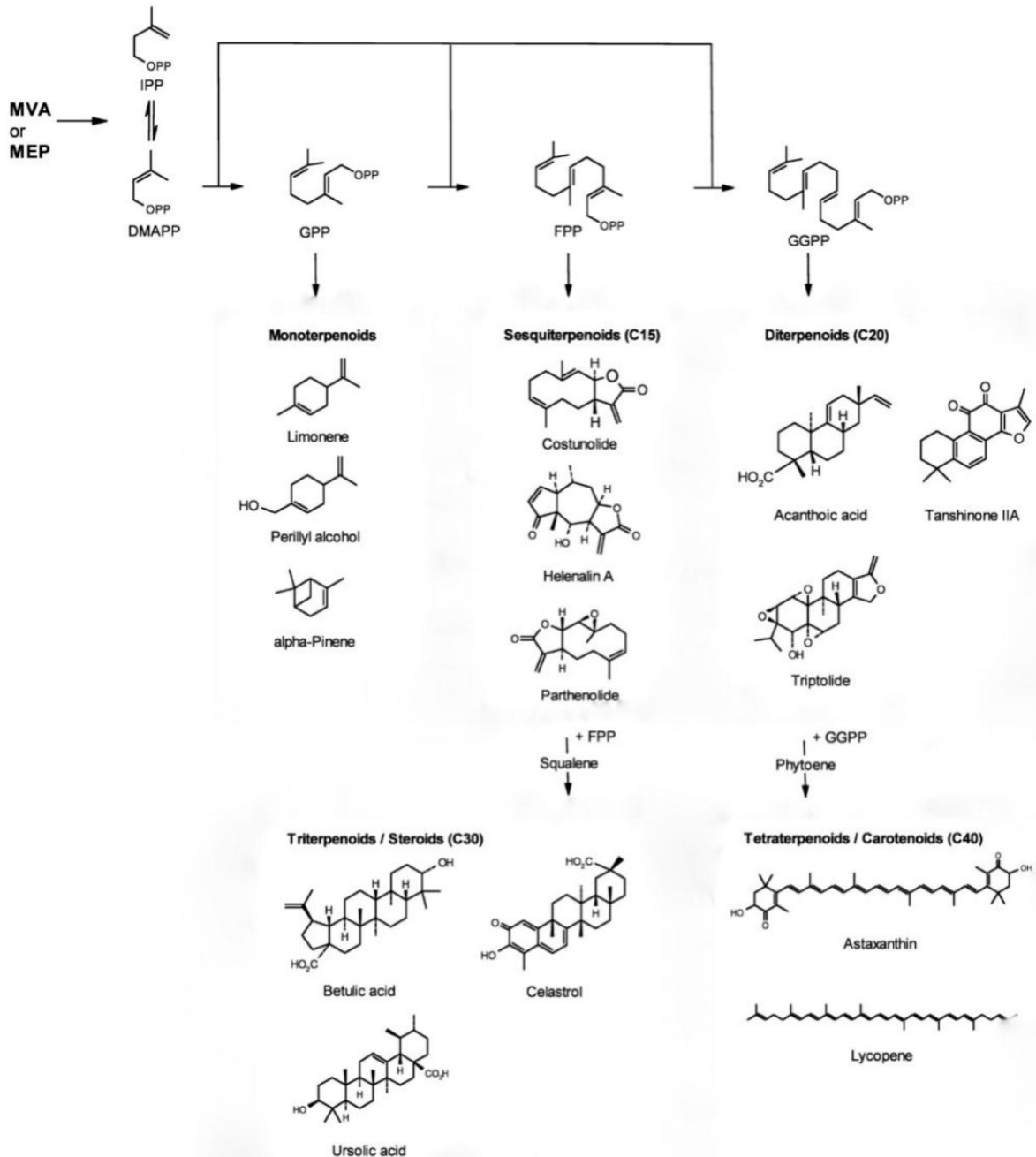


Figura 4. Vias metabólicas de síntese dos terpenoides. DMAPP: dimetilalil pirofosfato; FPP: farnesil pirofosfato; GGPP: geranylgeranyl pirofosfato; GPP: geranyl pirofosfato; IPP: isopentenil pirofosfato; MVA: via do mevalonato; MVE: via do não-mevalonato; -OPP: pirofosfato. Fonte: Salminen et al. (2008).

2.3.3.2 Monoterpenos, diterpenos e triterpenos

Os monoterpenos são moléculas com 10 átomos de carbono e 2 estruturas isopreno derivadas da via do mevalonato. São compostos dietéticos não-nutrientes de frutas e óleos essenciais de frutas cítricas, cereja, hortelã, damasco e uva. Os monoterpenos mais estudados, pelas suas propriedades quimioterapêuticas, são limoneno, carvona, carveol e álcool perillil (WAGNER; ELMADFA, 2003).

Os diterpenos são moléculas com quatro unidades de isopreno e 20 átomos de carbono, originados do geranylgeraniol. Os diterpenoides fisiologicamente ativos são: afidicolina, forscolina, giberelina, forbols, taxanos e derivados de retinol, destacando o retinol todo-trans (forma ativa da vitamina A) (SALMINEN et al., 2008; WAGNER; ELMADFA, 2003).

Os triterpenos são formados por seis unidades de isopreno com 30 carbonos. Os triterpenoides pentacíclicos são os mais abundantes em produtos vegetais. O lupeol é o que ocorre em maiores concentrações em frutas e vegetais, como azeitona, manga e figo (SALMINEN et al., 2008).

2.3.3.3 Tetraterpenos

Os tetraterpenos são moléculas com 40 átomos de carbono e oito esqueletos isoprenos. O principal grupo desta família são os carotenoides, pigmentos que conferem coloração que vai do amarelo ao laranja ou vermelho às plantas e aos frutos. Há duas estruturas principais no grupo de carotenoides: carotenos sem oxigênio, como β -caroteno, α -caroteno e licopeno; e os carotenos oxigenados, conhecidos como xantofilas, como luteína, zeaxantina e β -criptoxantina (WAGNER; ELMADFA, 2003). Os carotenoides são obtidos de alimentos de fonte vegetal, como abóbora, cenoura, espinafre, manga e mamão (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008) (Tabela 2).

Dos mais de 600 tipos de carotenoides que já foram isolados da natureza, alguns já são conhecidos por exercerem atividade pró-vitâmica A, sendo que os principais são β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina. Além disso, os carotenoides são potentes antioxidantes, com efeitos terapêuticos em várias doenças crônicas, como doenças cardiovasculares e osteoporose. Os carotenoides também parecem proteger contra respostas inflamatórias e câncer, sugerindo que estes terpenos podem modular as vias de sinalização redox-sensíveis, como a sinalização do fator

de transcrição fator nuclear *kappa* B (NF- κ B) (SALMINEN et al., 2008; WAGNER; ELMADFA, 2003).

Os carotenos são tetraterpenos cíclicos, incluindo vários isômeros, entre os quais o β -caroteno é o mais comum na natureza, conferindo a coloração alaranjada das cenouras e de outros vegetais e frutas. A luteína é um carotenoide com várias duplas ligações conjugadas, que dá às suas moléculas a coloração amarelo-alaranjada, e é encontrado em frutas, vegetais e na gema do ovo. A zeaxantina é um isômero estrutural da luteína, porém com rotas metabólicas diferentes. Estes dois carotenoides são os únicos presentes na retina (SALMINEN et al., 2008).

O licopeno é um tetraterpenoide acíclico, com várias duplas ligações de carbonos conjugados, conferindo às suas moléculas a coloração vermelho vivo. É o carotenoide mais comum no corpo humano, estando presente no tomate, em especial, e em outros vegetais e frutas vermelhas. O licopeno é um poderoso antioxidante, capaz de prevenir ataques de radicais livres durante o estresse oxidativo, além de reduzir a resposta inflamatória (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; SALMINEN et al., 2008). A astaxantina é um tetraterpenoide xantofílico, sendo o antioxidante mais poderoso, porém não possui atividade pró-vitáminica A (SALMINEN et al., 2008).

Tabela 2. Fontes alimentares de carotenoides ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

Alimento	β -caroteno	α -caroteno	Licopeno	β -criptoxantina	Luteína	Zeaxantina	Total
Abóbora ¹	600	10			400		1.100
Acerola ²	2.600	10		360			2.970
Bacuri ²	1.700						1.700
Batata doce ¹	9.000						9.000
Bocaiúva ²	5.900			440	170		6.510
Buriti ²	36.400	8.200					44.600
Cajá ²	160	90		1.700	40		1.990
Cenoura ¹	8.000	4.000			200		12.200
Couve ¹	5.000				20.000		25.000
Espinafre ¹	7.000				20.000		27.000
Extrato de tomate ¹	2.000		10.000				12.000
Feijão verde ¹	600				500		1.100
Mamão papaya ¹	200			500			700
Nectarina ²	120			420	110	160	810
Óleo de palma ¹	50.000	30.000	4.000				84.000
Ovo ¹	25			250	2.500	1.200	3.975
Pêssego ¹	100			40		15	155
Suco de laranja ¹	10	5		100	75		190
Tomate ¹	300		2.000		100		2.400
Tucumã ²	9.900	250					10.150
Umari ²	9.900	270					10.170

Fonte: ¹Wagner e Elmadfa (2003); ²Rodriguez-Amaya; Kimura; Amaya-Farfan (2008).

2.3.4 Compostos bioativos e potencial antioxidante da polpa de pequi

Estudos acerca dos teores de compostos bioativos em frutos nativos do Cerrado, considerando a biodiversidade desse bioma, são escassos, ou, quando existentes, muitos estão delineados de forma inadequada (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). Barreto, Benassi e Mercadante (2009) investigaram a presença de compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, flavonoides totais e carotenoides totais) e a atividade antioxidante de vários frutos regionais, provenientes de Manaus-AM, Fortaleza-CE e Campinas-SP. Seus resultados mostraram que os frutos com maiores teores de compostos bioativos foram: buriti, cajá-manga, canistel, murici, physalis, pequi e tucumã. A atividade antioxidante apresentou alta correlação com os teores de flavonoides e compostos fenólicos totais. Há, porém, uma limitação considerável neste estudo, já que não são especificadas as espécies e nem a localização específica onde foram coletados ou adquiridos os frutos.

Em relação ao conteúdo de carotenoides em alimentos regionais, como o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), Lima et al. (2007) encontraram elevadas quantidades de carotenoides totais (7,25 mg.100g⁻¹) na polpa de frutos de pequi procedentes do estado do Piauí. Em estudo feito por Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004) foram identificados, por cromatografia líquida de alta performance (HPLC - *High Performance Liquid Chromatography*), os carotenoides presentes na polpa de frutos de pequis (*Caryocar brasiliense*) provenientes de Belo Horizonte-MG. Seus resultados revelaram que os principais carotenoides presentes na polpa deste fruto foram violaxantina, luteína e zeaxantina. Ramos et al. (2001) também investigaram qualitativamente o teor de carotenoides em pequis, oriundos de Campo Grande-MS, porém por cromatografia em coluna aberta. Neste estudo foi constatado que a anteraxantina era o pigmento carotenoide predominante na polpa do pequi.

Na literatura não há estudos que tenham investigado as diferenças entre o teor e o perfil de carotenoides de pequis provenientes das diversas regiões do Cerrado, considerando sua biodiversidade. Portanto, há necessidade de mais pesquisas científicas tendo os frutos regionais brasileiros, especialmente o pequi, como foco de estudo para determinação de carotenoides, utilizando metodologias padronizadas, e que relacionem o teor de carotenoides com as características físicas e procedência dos frutos. Já que a coloração da polpa de pequi é conferida

pelos pigmentos carotenoides, seria interessante a realização de pesquisas que associassem essas duas características.

Quanto ao teor de compostos fenólicos totais da polpa de pequi, Lima et al. (2007), em estudo com pequis oriundos do Piauí, constataram teores consideráveis para a polpa desse fruto ($209 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$). Foram encontrados na literatura poucos estudos que descrevesse o conteúdo de compostos bioativos em pequis nativos dos estados que compõem o Cerrado brasileiro. Um trabalho feito por Roesler et al. (2007), cujo objetivo era quantificar os compostos fenólicos totais e avaliar o potencial antioxidante de alguns frutos do Cerrado, mostrou que a polpa e semente do pequi não apresentaram boa quantidade de fenóis quando comparadas com a casca deste fruto, nem apresentaram um bom potencial antioxidante. É importante considerar que este estudo foi realizado com frutos de apenas uma região de Goiás (Goiânia), não considerando as outras regiões do Cerrado brasileiro, que possuem frutos de pequi com diferenças morfológicas significativas, conforme mostrado nos estudos de Vera et al. (2005 e 2007).

Há, ainda, estudos mostrando que o óleo da polpa de pequi, proveniente de Brasília-DF, foi eficiente para reduzir danos teciduais em atletas corredores, sugerindo seu uso como suplemento antioxidante (MIRANDA-VILELA et al., 2009a; MIRANDA-VILELA et al., 2009b). É importante considerar que pode haver diferenças na composição química dos frutos de pequi originários de diferentes regiões do Cerrado, o que pode interferir significativamente no seu potencial antioxidante.

Diante da importância do estudo dos compostos bioativos e de sua atividade antioxidante para a saúde, assim como da biodiversidade do bioma Cerrado, é relevante pesquisas que considerem as diferenças físicas, químicas e bioquímicas de frutos oriundos de diferentes regiões do Cerrado. Neste sentido, este estudo envolveu a investigação de compostos bioativos e atividade antioxidante na polpa de frutos de pequi oriundos de oito diferentes regiões do Cerrado.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Analisar e comparar as propriedades físicas, químicas e bioquímicas de amostras de pequi provenientes de oito regiões diferentes do Cerrado brasileiro.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar as propriedades físicas (caracterização física e análise de cor), químicas (composição centesimal, composição em ácidos graxos e teores de fenólicos totais e carotenoides totais) e bioquímica (capacidade antioxidante) de oito amostras de pequi de diferentes regiões do Cerrado.
- Comparar as propriedades físicas, químicas e bioquímicas das oito amostras de pequi.
- Associar as propriedades físicas e químicas com a capacidade antioxidante dos frutos de pequi das oito regiões.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO DOS FRUTOS

Foram adquiridas oito amostras de frutos de pequizeiros nativos de quatro estados do bioma Cerrado: Goiás, Tocantins, Minas Gerais e Mato Grosso, nos anos de 2010 e 2011, sendo duas amostras de cada estado em regiões distintas, conforme mostrado na Figura 5. Das regiões de Goiás, Tocantins e Minas Gerais, os frutos foram obtidos diretamente da CEASA-GO. Os pequis adquiridos no CEASA-GO eram frutos recém-coletados, vendidos no dia anterior para o receptor feirante do CEASA-GO. Estes frutos eram procedentes de regiões de produção abundante de pequi. Os frutos de Tocantins foram adquiridos em setembro e outubro de 2010; os de Goiás, em novembro e dezembro de 2010, e os de Minas Gerais foram adquiridos em dezembro de 2010 e janeiro de 2011. Os pequis da região de Mato Grosso foram coletados diretamente das plantas, em duas regiões do estado. Todos os frutos foram colhidos no ponto ótimo de maturidade hortícola.



Figura 5. Regiões e estados do Cerrado brasileiro de procedência dos frutos de pequi (2010/2011).

Logo após a aquisição, os frutos foram transportados para o Laboratório de Reologia da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (UFG), para caracterização física.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

4.2.1 Análises físicas

Para as análises físicas foram selecionados, aleatoriamente, 30 frutos de pequi de um total de aproximadamente 50kg de cada região do Cerrado. Foram analisadas as seguintes variáveis: massa do fruto (g); altura do fruto (mm); diâmetro maior e menor do fruto inteiro (mm); massa do mesocarpo (g); número de caroços por fruto; massa do caroço (g); altura do caroço (mm); diâmetro maior e menor dos caroços (mm) e massa total da polpa (g), conforme descrito por Vera et al. (2005). Foram utilizados balança semi-analítica (Gehaka, modelo BG8000, $\pm 0,1g$) e paquímetro digital (Mitutoyo, modelo 500-144B, 150 mm) para realizar as análises descritas. O rendimento de polpa foi determinado pelo quociente da massa total da polpa pela massa total dos caroços de cada fruto.

4.2.2 Análise da cor

A determinação dos parâmetros para análise de cor foi feita usando um colorímetro, modelo Color Quest II (Sphere) (“Hunter Lab Reston”, VA), com a determinação no modo CIE $L^* a^* b^*$. A coordenada L^* representa o quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada de cromaticidade a^* pode assumir valores de -80 (verde) a +100 (vermelho), e a coordenada de cromaticidade b^* pode variar de -200 (azul) a +200 (amarelo) (LANCASTER et al., 1997; SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988).

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS

Para as análises de composição centesimal, os frutos de pequi foram descascados e despulpados manualmente, com auxílio de faca de aço inox. Em

seguida, a polpa do fruto foi triturada e homogeneizada em processador de alimentos (Walita, HL-3253), acondicionada em embalagem opaca e armazenada a -45°C até o início das análises. Para as análises de compostos fenólicos e carotenoides totais, os frutos foram congelados inteiros e armazenados a -45°C até o início das análises.

4.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

4.4.1 Composição centesimal

Foram realizadas 3 repetições de cada uma das seguintes análises: umidade e sólidos solúveis totais, conforme técnica descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005); nitrogênio total, segundo o método de micro-kjeldahl (AOAC, 1990) e conversão em proteína bruta utilizando-se o fator 6,25; lipídios totais, extraídos por meio da técnica de Bligh e Dyer (1959) e posteriormente determinados por gravimetria; resíduo mineral fixo (cinzas), por incineração em mufla a 550°C, e fibra dietética total (AOAC, 1990). Os carboidratos totais foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, resíduo mineral fixo e fibras. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos (LANAAL) da FANUT - UFG, exceto a análise de fibras, que foi realizada no LABM Pesquisa e Consultoria em Belo Horizonte - MG. A partir dos dados da composição centesimal, foi estimado o valor energético das amostras, considerando-se os fatores de conversão de Atwater de 4kcal/g, 4kcal/g e 9kcal/g para proteína, carboidrato e lipídio, respectivamente (MERRIL; WATT, 1973).

4.4.2 Composição em ácidos graxos

Para a determinação da composição em ácidos graxos, foram realizadas extração e esterificação, conforme descrito por Folch, Less e Stanley (1957) e por Hartman e Lago (1973), respectivamente. Os ácidos graxos foram separados, utilizando-se de um cromatógrafo a gás, com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida, utilizando como referência padrões de ácidos graxos da Sigma Aldrich. Esta análise foi realizada no Centro de Pesquisa em Alimentos, da Escola de Veterinária da UFG.

4.4.3 Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (1959). Foram realizadas 3 repetições de cada amostra e utilizado o reagente Folin-Ciocalteu. Os extratos foram obtidos da seguinte forma: primeira extração com acetona 70%, seguida de uma segunda extração com metanol 50%. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro JASCO, modelo V-630 (Japão) a 700 nm. Utilizou-se o padrão ácido gálico, nas concentrações de 2, 4, 6, 8 e 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para construir uma curva padrão (Figura 6). A partir da reta obtida, realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais expresso em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE). 100g^{-1} de polpa. Esta análise foi realizada no LANAAL - FANUT - UFG.

4.4.4 Carotenoides totais

Os carotenoides totais da polpa de pequi foram analisados de acordo com o método descrito por Higby (1962). Primeiramente, foi feita a extração dos compostos carotenoides com acetona gelada, agitador e filtragem a vácuo. Logo após, o extrato foi transferido para o éter de petróleo, realizando-se lavagem exaustiva com água destilada em funil de separação. Em seguida, foi feita a leitura em varredura da absorbância em espectrofotômetro entre 250 e 700 nm. Foi utilizado o maior valor de absorbância observado para determinação dos carotenoides totais. O teor de carotenoides totais foi calculado considerando a absorbância a 1 $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da anteraxantina, cujo coeficiente de extinção é igual a 2350 (RAMOS et al., 2001; SILVA et al., 2009). Esta análise foi realizada no Laboratório de Análise em Alimentos, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Brasília-DF).

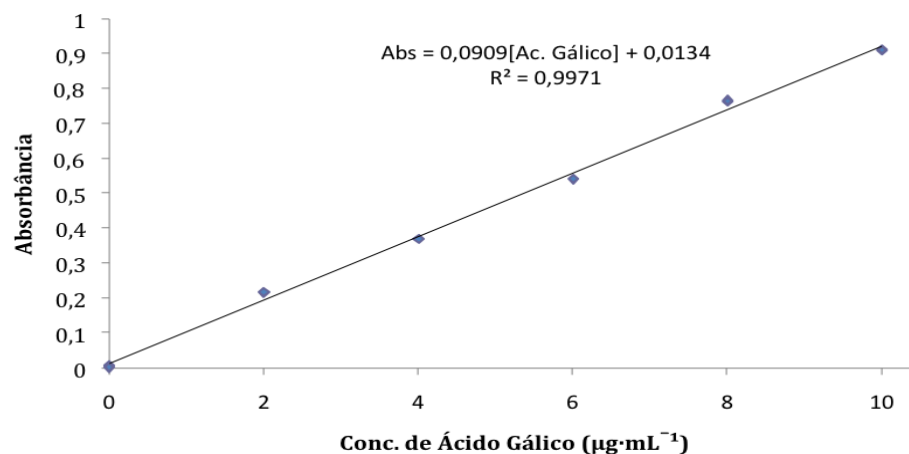


Figura 6. Curva de calibração do ácido gálico.

4.5 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

A capacidade antioxidante das amostras foi avaliada pelo método do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH•), conforme descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), e adaptado por Borguini (2006). Este método tem por princípio a redução do radical DPPH•, que ao fixar um H• (removido do antioxidante em estudo), leva a uma diminuição da absorbância, permitindo calcular, após o estabelecimento do equilíbrio da reação, a quantidade de antioxidante gasta para reduzir 50% do radical DPPH•.

Inicialmente, foram realizadas três tipos de extrações (etérea, alcoólica e aquosa), com três repetições, da polpa de pequi de cada região. Em seguida, foram adicionados aos extratos, bem como ao padrão BHT, o DPPH•, uma alíquota dos extratos e o BHT. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 517 nm nos tempos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20 minutos de reação. Todas as amostras foram acompanhadas de um controle (sem antioxidante). A queda na leitura da absorbância das amostras e do BHT foi correlacionada com o controle, estabelecendo a porcentagem de descoloração do DPPH•, que a partir deste valor, foi calculado o EC₅₀ (concentração da amostra necessária para inibir 50% do radical).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As características físicas foram analisadas por estatísticas descritivas (medidas de tendência central e de variabilidade dos dados). Os resultados das análises de cor, composição centesimal, fenólicos totais e capacidade antioxidante foram submetidos à análise de variância e teste para comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade). Para avaliar correlações entre as variáveis foi calculado o coeficiente de determinação (R^2). Os cálculos estatísticos foram efetuados com auxílio do Programa Excel (versão 2007) e do Programa SPSS, versão 15.0. Foi adotado o nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas verificadas nos frutos de pequi estão mostradas nas Tabelas 3 a 6. As variáveis que apresentaram maiores coeficientes de variação foram: número de caroços, massas do mesocarpo, fruto e polpa para os frutos de todas as regiões, exceto Goiás (região 1), que teve menor coeficiente de variação para massa do fruto. As características que tiveram menores coeficientes de variação para a maioria das regiões foram: diâmetros maior e menor do caroço e alturas do fruto e caroço. Os pequis com maior rendimento de polpa foram provenientes de Goiás (região 1), com média de 36,7%, seguidos dos frutos de Tocantins (região 2 - 36,0%). Já os frutos com menor rendimento de polpa foram oriundos de Tocantins (região 1 - 25,7%).

Os resultados encontrados para análise de cor estão apresentados na Tabela 7. Os frutos provenientes de Goiás (regiões 1 e 2) e de Tocantins (região 2) apresentaram maiores valores de L^* (média de 70,8) e menores valores de a^* (média de 23,1) (Figura 7). Os frutos com maiores valores de a^* foram de Minas Gerais (região 2). Quanto ao parâmetro b^* , os pequis oriundos de Tocantins (região 2) e Minas Gerais (região 1) tiveram os maiores valores, com 112,9 e 97,1, respectivamente (Figura 7). Os menores valores de b^* foram observados nos frutos procedentes de Goiás (regiões 1 e 2) e Minas Gerais (região 2).

Tabela 3. Características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Goiás.

Característica	Goiás região 1				Goiás região 2			
	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹
<i>Fruto</i>								
Massa (g)	432,6	130,4	202,3	6,2	236,6	70,4	134,3	35,7
Diâmetro maior (mm)	105,7	64,7	82,4	13,1	88,1	50,4	68,9	16,5
Diâmetro menor (mm)	88,0	58,9	69,5	10,8	73,0	47,4	58,6	12,0
Altura (mm)	88,0	57,2	68,0	11,7	78,1	57,2	64,4	8,5
Massa mesocarpo (g)	370,8	109,5	230,7	34,4	178,4	71,3	101,1	36,4
<i>Caroço</i>								
Número	4,0	1,0	1,9	39,9	5,0	1,0	2,0	50,8
Massa (g)	33,1	13,4	24,6	14,4	3,4	9,0	17,3	27,6
Diâmetro maior (mm)	36,3	26,2	32,1	7,1	34,9	23,3	29,1	10,2
Diâmetro menor (mm)	36,6	25,5	30,6	7,5	35,1	21,7	28,0	12,0
Altura (mm)	51,7	38,4	45,5	8,2	47,2	34,2	40,0	8,3
<i>Polpa</i>								
Massa (g)	32,1	4,6	16,4	43,0	28,6	4,1	10,4	57,6
Rendimento (%)	50,5	18,7	36,7	24,6	47,2	19,8	31,2	19,6

¹CV: Coeficiente de variação (%).

Tabela 4. Características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Mato Grosso.

Característica	Mato Grosso região 1				Mato Grosso região 2			
	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹
<i>Fruto</i>								
Massa (g)	185,0	41,8	107,8	33,1	346,6	96,6	190,4	36,7
Diâmetro maior (mm)	81,7	41,5	62,7	17,8	101,8	55,43	74,7	19,2
Diâmetro menor (mm)	70,6	39,7	54,0	12,2	81,07	55,36	65,1	11,6
Altura (mm)	70,4	49,3	61,2	8,1	81,9	59,4	71,0	7,9
Massa mesocarpo (g)	151,0	32,0	87,0	34,4	298,4	76,0	162,0	37,9
<i>Caroço</i>								
Número	3,0	1,0	1,6	42,2	3,0	1,0	1,4	39,6
Massa (g)	17,8	5,4	12,4	32,4	25,7	11,3	18,7	17,8
Diâmetro maior (mm)	29,2	18,5	25,0	12,9	31,5	23,2	27,6	6,5
Diâmetro menor (mm)	29,0	19,0	24,8	11,7	45,6	33,2	40,2	7,6
Altura (mm)	39,3	26,2	33,6	11,7	33,7	23,9	29,3	7,1
<i>Polpa</i>								
Massa (g)	16,8	1,54	6,2	60,7	14,0	4,0	7,8	35,2
Rendimento (%)	56,9	14,9	31,7	24,7	40,7	18,8	30,3	16,5

¹CV: Coeficiente de variação (%).

Tabela 5. Características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Minas Gerais.

Característica	Minas Gerais região 1				Minas Gerais região 2			
	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹
<i>Fruto</i>								
Massa (g)	406,5	65,7	211,4	40,5	311,3	59,4	143,6	37,4
Diâmetro maior (mm)	107,3	51,1	81,9	18,1	98,7	48,4	70,3	17,2
Diâmetro menor (mm)	93,4	45,7	65,5	14,8	84,7	47,2	59,0	13,7
Altura (mm)	93,3	52,2	67,2	11,2	78,7	51,7	64,3	10,2
Massa mesocarpo (g)	294,4	35,4	146,7	37,9	230,5	41,3	103,5	37,4
<i>Caroço</i>								
Número	4,0	1,0	1,8	49,8	4,0	1,0	1,7	45,5
Massa (g)	61,8	20,7	34,4	25,3	32,6	11,9	22,8	22,6
Diâmetro maior (mm)	43,2	31,5	37,9	8,0	35,8	27,2	32,6	7,9
Diâmetro menor (mm)	43,0	29,5	34,7	8,7	37,1	23,9	31,4	9,6
Altura (mm)	59,0	43,6	50,7	7,2	49,6	31,4	41,0	10,2
<i>Polpa</i>								
Massa (g)	37,0	4,4	16,3	49,3	25,7	3,4	11,2	50,2
Rendimento da polpa (%)	38,0	15,3	27,1	21,6	40,8	16,6	29,9	16,1

¹CV: Coeficiente de variação (%).

Tabela 6. Características físicas do fruto de pequi de duas regiões do estado de Tocantins.

Característica	Tocantins região 1				Tocantins região 2			
	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹
<i>Fruto</i>								
Massa (g)	546,7	120,0	251,8	41,0	609,4	143,0	319,2	30,5
Diâmetro maior (mm)	107,3	59,5	85,4	14,9	121,2	68,7	85,9	14,2
Diâmetro menor (mm)	104,4	56,7	71,5	16,6	95,9	63,5	80,1	8,0
Altura (mm)	77,6	52,0	65,6	9,4	90,0	64,8	80,9	7,2
Massa mesocarpo (g)	455,6	93,2	206,5	43,8	493,8	114,5	237,0	33,2
<i>Caroço</i>								
Número	4,0	1,0	2,3	34,5	2,0	1,0	1,1	27,7
Massa (g)	29,4	11,1	19,2	22,9	59,4	26,3	47,9	16,6
Diâmetro maior (mm)	34,0	25,5	29,8	7,4	43,3	33,2	40,4	5,5
Diâmetro menor (mm)	31,3	21,8	27,6	8,4	43,5	30,4	37,6	8,3
Altura (mm)	45,3	33,2	40,2	7,4	61,7	45,9	55,6	6,8
<i>Polpa</i>								
Massa (g)	24,8	4,5	11,0	43,0	41,1	30,4	37,6	8,3
Rendimento (%)	37,6	16,2	25,7	5,2	53,0	23,3	36,0	18,6

¹CV: Coeficiente de variação (%).

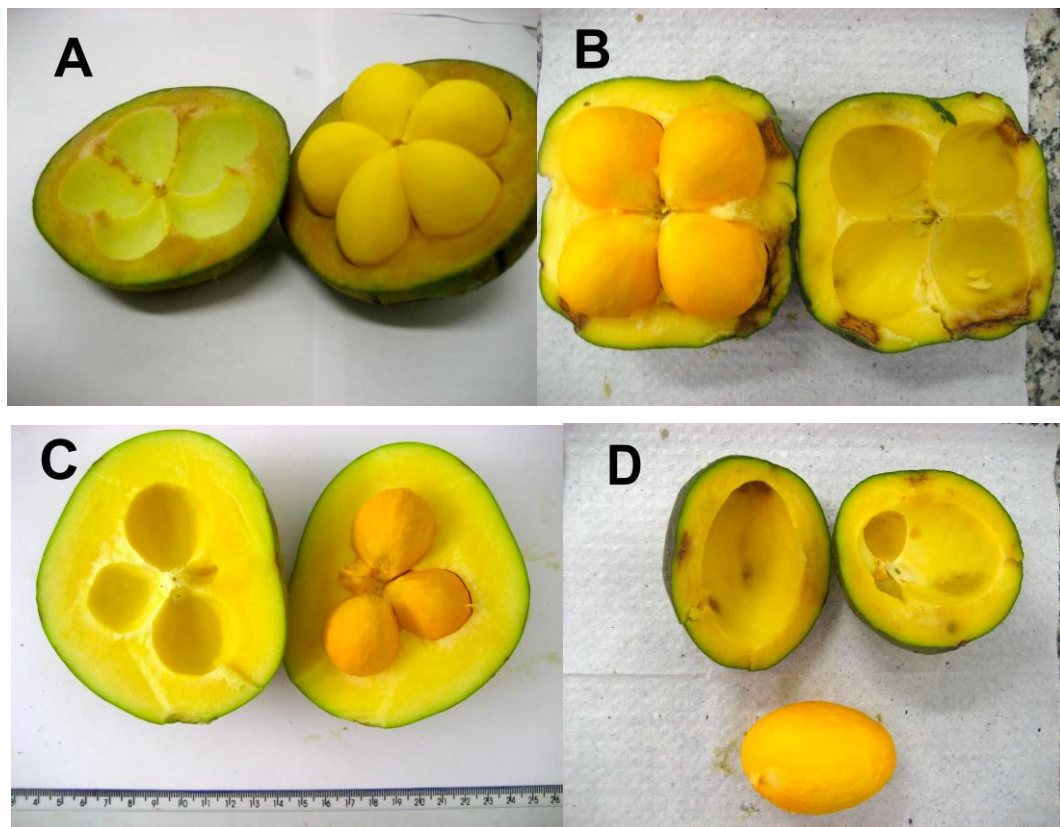


Figura 7. Frutos de pequi provenientes de Goiás (A), Minas Gerais (B), Tocantins (C) e Mato Grosso (D).

5.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A composição centesimal dos frutos de pequi das oito regiões está apresentada na Tabela 8. Os frutos com maiores teores médios de umidade foram os provenientes de Goiás (região 2), com $74,40 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, seguidos dos pequis de Minas Gerais (região 1), $68,67 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, e de Tocantins (região 2), $70,20 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, com diferenças significativas entre elas ($p < 0,05$). Ao contrário, os pequis oriundos de Mato Grosso (região 1) e Minas Gerais (região 2) apresentaram menores teores de umidade, de $53,20 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $52,37 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, respectivamente.

Com relação ao teor de proteína, que variou de 1,30 a $2,90 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, houve diferença significativa intra estados em Goiás e Minas Gerais. Os frutos que apresentaram maiores teores de proteína foram procedentes de Minas Gerais (região 2) e Mato Grosso (regiões 1 e 2). Houve bastante variação nos teores de lipídios encontrados nas polpas dos pequis, sendo os maiores valores conferidos aos frutos provenientes do estado de Mato Grosso (média de $32,41 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa das duas regiões), seguidos dos pequis oriundos de Minas Gerais (região 2), com $27,13 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa. As regiões que tiveram frutos com menores teores lipídicos foram a região 1 de Minas Gerais ($13,54 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa), a região 2 de Tocantins ($14,77 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa) e a região 2 de Goiás ($15,21 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa). O valor energético total variou de 143,25 kcal em Goiás (região 2) e 317,85 em Mato Grosso (região 1).

Os teores de fibras encontrados nos frutos de Goiás e Tocantins (regiões 1) foram maiores do que das demais regiões, com média de $10,37 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa. Quanto aos teores de cinzas, não houve diferenças intra estados em Goiás e Minas Gerais. Os frutos que tiveram maiores valores foram oriundos de Mato Grosso e Tocantins (regiões 2). Os teores de carboidratos totais variaram entre $0,29 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa (região 2 de Goiás) e $7,02 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa (região 2 de Minas Gerais).

Tabela 7. Valores de Luminosidade (L*) e parâmetros de croma (a* e b*) de fruto de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.

Amostra/Região ²	L*				a*				b*			
	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹	Máximo	Mínimo	Média	CV ¹
Goiás/1	75,0	65,0	70,8 ^a	3,8	29,9	15,0	21,8 ^d	18,3	109,7	51,5	74,2 ^{f,c}	22,2
Goiás/2	79,2	56,5	68,8 ^a	8,2	46,9	1,6	24,1 ^d	49,6	108,2	30,4	70,8 ^f	29,8
Mato Grosso/1	63,9	41,7	52,0 ^c	11,0	55,6	28,6	42,6 ^b	16,6	99,5	21,8	88,6 ^{c,b}	9,8
Mato Grosso/2	55,6	34,8	48,1 ^c	9,8	52,4	35,2	42,2 ^b	9,5	94,7	59,9	82,7 ^{c,d}	9,7
Minas Gerais/1	73,7	50,1	59,0 ^b	20,4	54,4	19,1	35,1 ^c	32,4	109,0	65,8	97,1 ^{e,a}	20,4
Minas Gerais/2	56,6	29,2	43,6 ^d	17,0	60,0	43,7	54,1 ^a	7,3	97,3	51,4	75,2 ^{f,d}	16,9
Tocantins/1	70,1	41,7	55,2 ^b	9,2	46,8	17,4	34,9 ^c	20,7	108,8	71,8	97,7 ^{b,e}	7,7
Tocantins/2	78,7	68,2	72,9 ^a	3,5	31,3	9,2	23,3 ^d	28,0	124,4	39,7	112,9 ^a	15,2

¹CV: coeficiente de variação (%). ²Valores de médias de caroços de 30 frutos de cada região. Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores em negrito indica os limites extremos encontrados para cada parâmetro.

Tabela 8. Composição centesimal (g.100g⁻¹) da polpa de frutos de pequi oriundos de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.

Composição centesimal ¹	Amostra/Região							
	Goiás/1	Goiás/2	Mato Grosso/1	Mato Grosso/2	Minas Gerais/1	Minas Gerais/2	Tocantins/1	Tocantins/2
Umidade	61,54±1,22 ^c	74,40±0,79 ^a	53,20±0,38 ^d	54,24±0,11 ^d	68,67±1,05 ^b	52,37±1,34 ^d	61,56±1,32 ^c	70,20±0,68 ^b
Proteínas	2,03±0,25 ^{b,c,d}	1,30±0,01 ^e	2,58±0,14 ^{a,c}	2,63±0,28 ^{a,b}	1,94±0,22 ^{b,c,d,e}	2,90±0,49 ^a	1,74±0,01 ^{d,e,f}	1,60±0,25 ^{d,e,f}
Lipídios	18,95±0,65 ^c	15,21±0,91 ^d	32,57±0,78 ^a	32,25±1,87 ^a	13,54±1,39 ^d	27,13±0,89 ^b	19,03±1,61 ^c	14,77±0,76 ^d
Fibras alimentares	10,42±0,18 ^b	8,12±0,19 ^e	7,43±0,15 ^f	8,17±0,02 ^e	11,39±0,14 ^a	9,91±0,17 ^c	10,32±0,11 ^b	9,35±0,03 ^d
Cinzas	0,66±0,02 ^{b,c}	0,68±0,02 ^{b,c}	0,62±0,01 ^{c,d}	0,93±0,02 ^a	0,70±0,03 ^b	0,67±0,05 ^{b,c}	0,57±0,02 ^d	0,92±0,02 ^a
Carboidratos	6,40	0,29	3,60	1,78	3,76	7,02	6,78	3,16
Valor energético total (kcal)	204,27	143,25	317,85	307,89	144,66	283,85	205,35	151,97

¹Valores constituem médias ± desvios-padrão de três replicatas de cada região. Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de ácidos graxos que compõem a fração lipídica da polpa dos frutos de pequi estão mostrados na Tabela 9. Como se observa, houve prevalência de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico. Os frutos que tiveram maior percentual deste ácido graxo foram provenientes de Tocantins (região 2). Quanto aos poliinsaturados, o ácido linoleico foi o mais abundante na polpa de pequi, sendo os frutos oriundos de Goiás (região 1) os que apresentaram maiores teores.

Os teores de compostos fenólicos totais das regiões dos quatro estados brasileiros estão mostrados na Tabela 10. Os maiores teores de fenólicos totais foram detectados nos frutos provenientes de Goiás (região 2), com média de 334,13 mg GAE.100g⁻¹ de polpa, seguidos dos pequis de Minas Gerais (regiões 1 e 2) e de Goiás (região 1), com 223,53 mg GAE.100g⁻¹, 215,87 mg GAE.100g⁻¹ e 221,20 mg GAE.100g⁻¹ de polpa, respectivamente. Os frutos com menores valores de fenólicos totais foram de pequizeiros da região 1 de Mato Grosso.

Houve diferenças significativas intra estados, em todos os estados, quanto aos teores de carotenoides totais (Tabela 10). Os frutos que apresentaram maiores valores foram os oriundos de Mato Grosso (região 1) e de Minas Gerais (região 2), com média de 18.700,03 µg.100g⁻¹ de polpa de pequi. Os pequis procedentes de Mato Grosso (região 2) e Minas Gerais (região 1) apresentaram concentrações de carotenoides totais de aproximadamente 15.000 µg.100g⁻¹ de polpa. Os menores valores de carotenoides totais foram verificados nos frutos da região 2 de Tocantins, com cerca de 4.000 µg.100g⁻¹ de polpa.

5.3 CARACTERÍSTICA BIOQUÍMICA

Conforme mostrado na Tabela 11, todos os extratos apresentaram capacidade de sequestrar o radical livre DPPH, porém inferior ao antioxidante sintético BHT. Os extratos aquosos foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante, com valores médios de EC₅₀ de 188,86 µg.mL⁻¹ de extrato. Comparando a capacidade antioxidante inter extratos, verificou-se que os extratos aquosos foram os que mais diferiram dos demais. Não houve diferenças no potencial antioxidante dos extratos aquosos dos frutos de pequi provenientes de todas as regiões, exceto Goiás (região 2).

Tabela 9. Composição de ácidos graxos (g.100g⁻¹) da polpa de frutos de pequi oriundos de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.

Ácidos Graxos ²	Amostra/Região							
	Goiás/1	Goiás/2	Mato Grosso/1	Mato Grosso/2	Minas Gerais/1	Minas Gerais/2	Tocantins/1	Tocantins/2
Saturados	30,64	38,41	43,07	43,19	39,41	36,98	18,78	29,92
Butírico C4:0	0,15±0,004	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,02±0,000	0,05±0,000	n.d. ¹	n.d. ¹
Caprílico C8:0	n.d. ¹	n.d. ¹	0,02±0,001	n.d. ¹	0,03±0,003	0,11±0,010	n.d. ¹	n.d. ¹
Cáprico C10:0	0,01±0,002	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,10±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹
Láurico C12:0	0,09±0,003	0,04±0,002	0,02±0,002	0,02±0,006	0,05±0,001	0,05±0,001	n.d. ¹	0,03±0,009
Mirístico C14:0	0,18±0,004 ^a	0,11±0,006 ^b	0,07±0,002	0,06±0,000 ^c	0,10±0,000 ^b	0,11±0,005 ^b	0,04±0,001 ^d	0,10±0,001 ^b
Palmítico C16:0	28,05±0,805 ^d	35,96±0,015 ^{b,c}	40,37±0,115 ^a	40,50±0,18 ^a	36,78±0,565 ^b	34,39±0,457 ^c	16,84±0,580 ^e	28,14±0,279 ^d
Margárico C17:0	0,13±0,002 ^a	0,07±0,002 ^{c,d}	0,09±0,000 ^b	0,08±0,009 ^{b,c}	0,07±0,001 ^{c,d}	0,07±0,001 ^{c,d}	0,05±0,001 ^e	0,06±0,006 ^{d,e}
Esteárico C18:0	1,73±0,025 ^d	2,01±0,001 ^b	2,30±0,009 ^a	2,28±0,006 ^a	2,07±0,069 ^b	1,85±0,007 ^c	0,99±0,004 ^f	1,39±0,008 ^e
Araquídico C20:0	0,20±0,002 ^a	0,13±0,003 ^a	0,14±0,005 ^a	0,17±0,004 ^a	0,23±0,012 ^a	0,18±0,003 ^a	0,83±0,010 ^a	0,14±0,001 ^a
Behênico C22:0	0,06±0,001	0,03±0,002	0,02±0,001	0,02±0,001	0,04±0,002	0,05±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹
Lignocérico C24:0	0,04±0,005	0,06±0,000	0,04±0,004	0,06±0,000	0,02±0,001	0,02±0,005	0,03±0,001	0,06±0,004
Monoinsaturados	61,40	53,69	52,66	51,00	52,52	55,97	36,03	64,36
Palmitoleico C16:1 n7	0,42±0,012	0,95±0,001	0,96±0,002	1,02±0,004	1,18±0,014	0,67±0,016	n.d. ¹	0,39±0,003
Heptadecenoico C17:1 n7	0,15±0,005	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,08±0,002	0,08±0,000	n.d. ¹	n.d. ¹
Oléico C18:1 cis n9	60,40±0,892 ^b	52,60±0,021 ^{c,d}	51,56±0,151 ^{d,e}	49,83±0,006 ^e	50,72±1,497 ^{d,e}	54,76±0,127 ^c	35,72±0,300 ^f	63,54±0,348 ^a
Elaídico C18:1 trans n9	0,03±0,006	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,01±0,000	n.d. ¹	n.d. ¹
Eicosamonoenoico C20:1 n9	0,26±0,001 ^e	0,14±0,001 ^f	0,14±0,002 ^f	0,15±0,002 ^f	0,46±0,011 ^a	0,37±0,006 ^b	0,31±0,003 ^d	0,34±0,013 ^c
Nervônico C24:1 n9	0,14±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,08±0,071	0,08±0,044	n.d. ¹	0,09±0,001
Poliinsaturados	4,18	1,58	1,01	1,15	1,56	1,69	0,74	1,61
Linoléico C18:2 n6	3,67±0,044 ^a	1,58±0,001 ^b	1,01±0,004 ^e	1,13±0,001 ^d	1,13±0,034 ^d	1,28±0,002 ^c	0,74±0,006 ^f	1,61±0,002 ^b
Eicosadienoico C20:2	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,01±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹
Eicosatrienoico C20:3 n3	0,11±0,002	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,07±0,003	0,07±0,005	n.d. ¹	n.d. ¹
Eicosapentanoico C20:3 n6	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,04±0,001	0,06±0,000	n.d. ¹	n.d. ¹
Araquidônico C20:4 n6	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,03±0,001	0,01±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹
Eicosapentaenoico C20:5 n3	0,38±0,015	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,27±0,030	0,24±0,006	n.d. ¹	n.d. ¹
Docosadienoico C22:2 n6	0,02±0,002	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,02±0,001	0,02±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹
Docosahexanoico C22:6	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	0,02±0,001	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹	n.d. ¹

¹N.d.: não detectado.

²Valores constituem médias ± desvios-padrão de três replicatas de cada região. Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Teor de compostos fenólicos totais e carotenoides totais de polpa de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro.

Amostra/Região ²	Fenólicos totais (mg GAE ¹ .100g ⁻¹)	Carotenoides totais (µg.100g ⁻¹)
Goiás/1	221,20±0,17 ^b	11.102,88±720,28 ^d
Goiás/2	334,13±0,07 ^a	7.209,76±357,89 ^e
Mato Grosso/1	135,90±0,04 ^e	18.700,30±1319,79 ^a
Mato Grosso/2	180,15±0,04 ^{c,d}	15.522,59±52,57 ^b
Minas Gerais/1	223,53±0,14 ^b	14.188,50±676,51 ^{b,c}
Minas Gerais/2	215,87±0,17 ^b	18.699,76±1242,83 ^a
Tocantins/1	207,80±0,09 ^{b,d}	13.351,82±471,47 ^c
Tocantins/2	177,70±0,01 ^d	3.707,57±213,41 ^f

¹GAE: Equivalentes de ácido gálico.

²Valores constituem médias ± desvios-padrão de três replicatas de cada região. Médias com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Capacidade antioxidante de extratos de polpa de pequi de oito regiões de quatro estados do Cerrado brasileiro, utilizando o radical livre DPPH•.

Amostra/Região ²	EC ₅₀ ¹ em µg.mL ⁻¹		
	Extrato alcoólico	Extrato etéreo	Extrato aquoso
Goiás/1	200,21±0,36 ^{A,a}	196,72±2,75 ^{A,B,a}	190,21±1,33 ^{B,b}
Goiás/2	199,40±3,14 ^{A,b}	198,33±0,95 ^{A,b}	224,24±4,40 ^{A,a}
Mato Grosso/1	184,69±2,96 ^{B,b}	198,33±0,36 ^{A,a}	186,02±5,55 ^{B,b}
Mato Grosso/2	195,97±5,16 ^{A,a}	193,88±0,59 ^{A,B,C,a}	190,04±2,10 ^{B,a}
Minas Gerais/1	202,00±5,15 ^{A,a}	198,23±0,96 ^{A,B,a,b}	193,79±0,55 ^{B,b}
Minas Gerais/2	194,30±2,68 ^{A,a,b}	197,51±1,23 ^{A,B,a}	187,17±4,86 ^{B,b}
Tocantins/1	197,92±0,94 ^A	193,49±0,90 ^{B,C}	n.d. ¹
Tocantins/2	197,93±2,17 ^{A,a}	191,57±2,89 ^{C,b}	185,91±1,01 ^{B,c}

¹N.d.: não detectado; EC₅₀: concentração da amostra necessária para inibir 50% do radical DPPH.

²Valores constituem médias ± desvios-padrão de três replicatas de cada região. Médias com letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e médias com letras minúsculas iguais, na mesma linha, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4 CORRELAÇÕES

A variável massa do fruto apresentou correlação positiva com altura do fruto, massas do caroço e polpa (Figura 8). A variável carotenoides totais se correlacionou positivamente com parâmetro de croma a* e lipídios, e negativamente com a luminosidade L (Figura 8). O parâmetro de cor a* se correlacionou positivamente com lipídios e negativamente com luminosidade L. Houve ainda correlação negativa entre teor de compostos fenólicos e valores de EC₅₀ para o extrato aquoso (Figura 10).

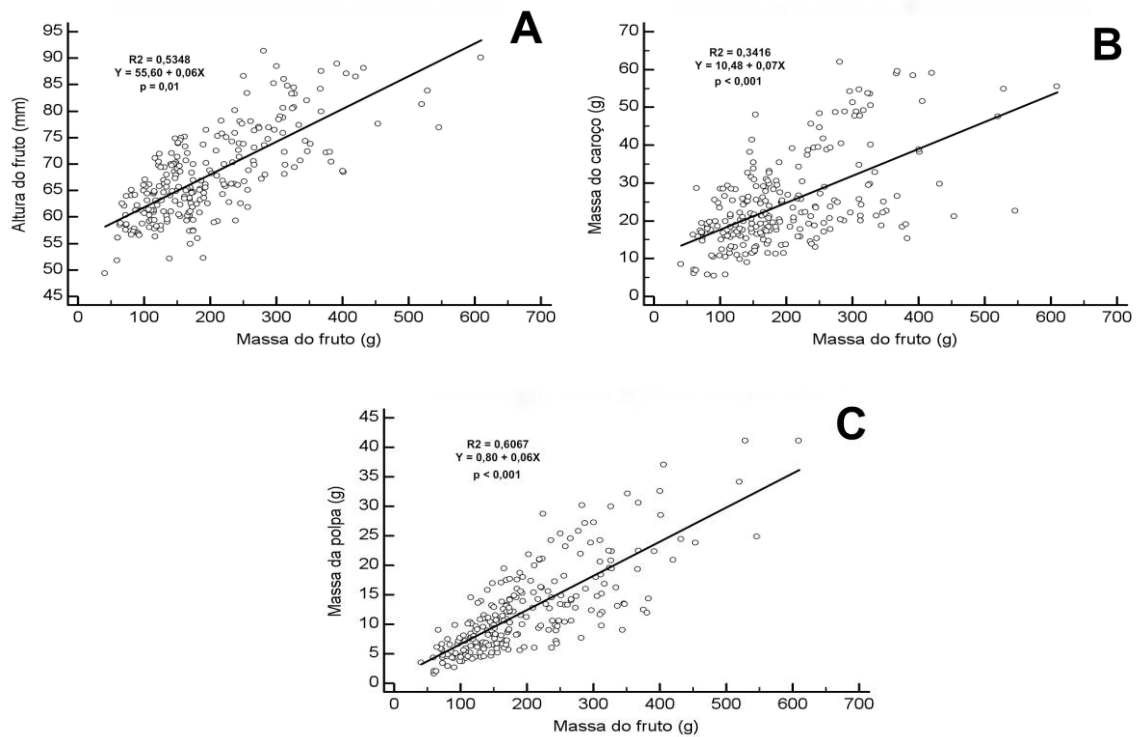


Figura 8. Correlações entre massa do fruto e altura do fruto de pequis (A), massa do fruto e massa do caroço de pequis (B), massa do fruto e massa da polpa (C) de pequis.

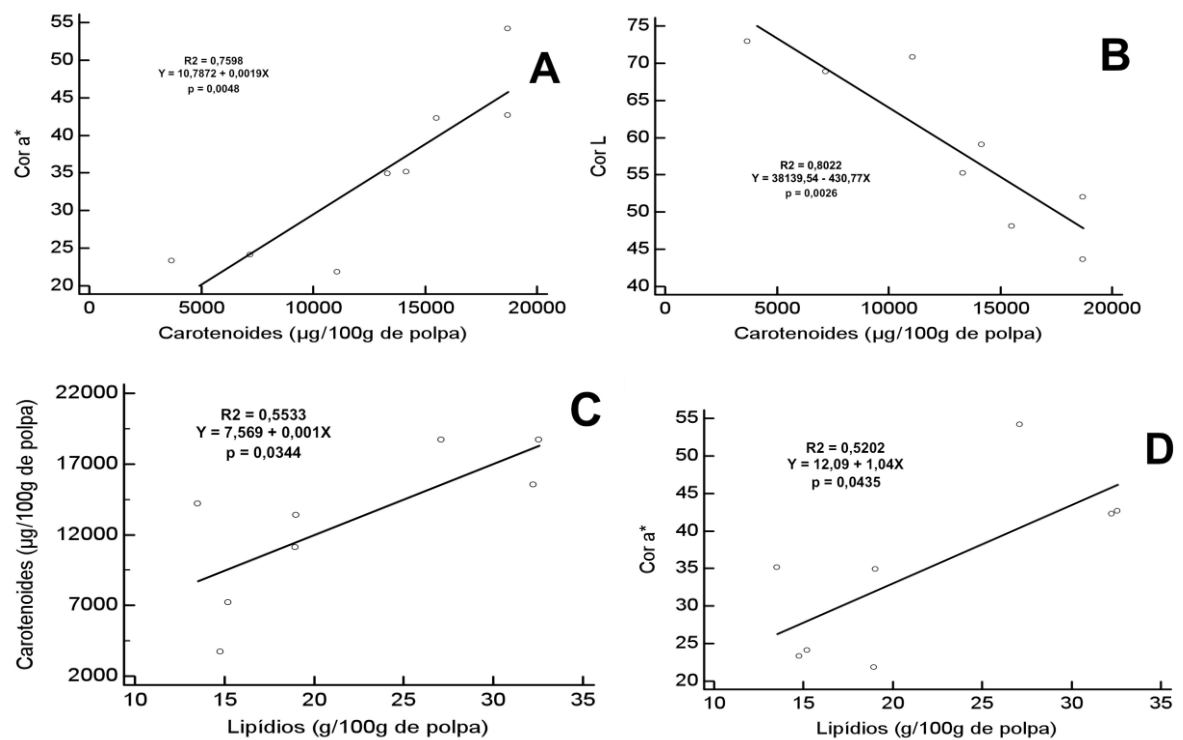


Figura 9. Correlações entre teor de carotenoides e parâmetro de cor a^* (A), teor de carotenoides e luminosidade (B), teor de lipídios e teor de carotenoides (C), teor de lipídios e parâmetro de cor a^* (D) em polpa de frutos de pequi.

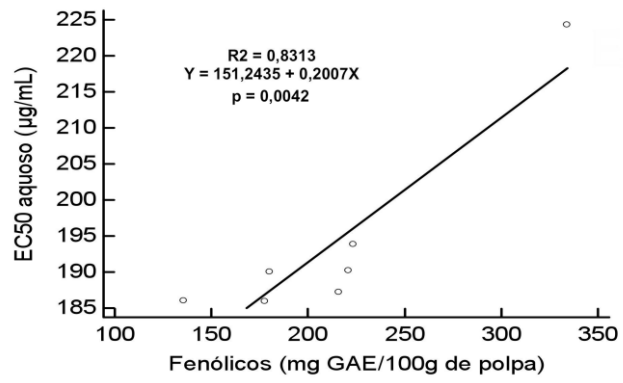


Figura 10. Correlação entre teor de fenólicos totais e EC_{50} do extrato aquoso em polpa de frutos de pequi.

6 DISCUSSÃO

Na caracterização física dos frutos, observou-se grande variabilidade entre as diferentes regiões do Cerrado. A massa dos frutos variou de 41,8 g a 609,4 g, com maior variação nos frutos provenientes de Tocantins (Tabelas 3 a 6). Vera et al. (2007) também constataram grande variação na massa de frutos de pequi provenientes de Mambaí e Araguapaz (Goiás), de 84,6 g a 379,4 g e de 46,4 g a 209,8 g, respectivamente. Um outro estudo realizado pelos mesmos autores, analisando pequis de cinco regiões de Goiás, mostrou frutos com massa de 18,8 g a 399,9 g, denotando grande variabilidade existente quanto à massa dos frutos de pequi (VERA et al., 2005).

Quanto à massa da polpa, característica muito valorizada comercialmente, os resultados verificados neste estudo estão entre 6,2 g, em Mato Grosso (região 1), e 37,6 g, em Tocantins (região 2) (Tabelas 3 a 6). Os valores encontrados por Vera et al. (2005) (7,3 g) foram próximos aos resultados encontrados nos frutos procedentes de Mato Grosso (região 2) (7,8 g). Já os valores observados para esta característica nos trabalhos de Vera et al. (2007) foram de 3,31 g e 3,98 g em Mambaí e Araguapaz, respectivamente, resultados bastante abaixo dos valores observados neste trabalho. O rendimento de polpa é um parâmetro interessante a ser observado, pelo seu valor comercial. Os frutos procedentes de Goiás (região 2) foram os que tiveram maior rendimento de polpa (36,7%). Apesar dos frutos desta região terem tido massas e tamanhos medianos quando comparados com as outras regiões, apresentaram um bom rendimento de polpa. Os pequis oriundos de Mato Grosso (região 2) tiveram valores semelhantes com 36,0%. Estes resultados foram inferiores aos observados por Vera et al. (2005), média de 40%.

A variável massa do fruto se correlacionou positivamente com a massa do caroço ($p < 0,001$), a altura do caroço ($p = 0,01$) e a massa da polpa ($p < 0,001$). Isso mostra que quanto maior o fruto, maiores serão os pirênios e maior a quantidade de polpa. Em termos comerciais, estas correlações constituem-se de grande importância, sendo a massa do fruto uma característica de interesse na aquisição do fruto.

Quanto à análise de cor, observou-se que os frutos provenientes de Goiás (regiões 1 e 2) e Tocantins (região 2) tiveram maiores valores de L, apresentaram

menores valores do parâmetro de croma a^* , ou seja, frutos mais claros e menos vermelhos. Ao contrário, os frutos oriundos de Minas Gerais (região 2) apresentaram-se mais escuros, porém mais vermelhos (Tabela 7). A correlação negativa existente entre a luminosidade e o parâmetro de croma a^* ($R^2 = 0,9453$) revelou que quanto mais escuros eram os frutos, maior tonalidade vermelha eles apresentaram.

O parâmetro de croma b^* foi o que mais variou entre os frutos das oito regiões (aproximadamente 70 para Goiás - região 2, a 110, para Tocantins - região 2) (Tabela 7). Vera et al. (2005) encontraram valores para este parâmetro de 72,2 a 95,6, intermediários aos deste trabalho. A variação neste parâmetro é decorrente da grande variabilidade na coloração amarela existente nas polpas de pequi.

Na caracterização química da polpa dos frutos de pequi observou-se que para algumas variáveis houve grande variabilidade dos resultados. Na composição centesimal, pode-se observar que as polpas de todas as regiões apresentaram teores de umidade acima de 50%, chegando a 74,4% nos frutos oriundos de Goiás (região 2) (Tabela 8). Estes resultados foram superiores aos observados nos trabalhos de Lima et al. (2007), com pequis procedentes do Piauí (média de 41,5%) e semelhantes aos valores encontrados por Vera (2004), com pequis de Goiás (média de 58,8%). O teor de umidade é uma característica importante a ser observada para garantir a estabilidade e segurança dos frutos, já que elevados teores resultam na redução do tempo de prateleira e no comprometimento da sua qualidade (PEREIRA et al., 2003).

Os teores de cinzas dos frutos foram semelhantes ao valor mostrado por Lima et al. (2007). Em relação às proteínas, as quantidades encontradas nos frutos variaram de 1,30% (frutos de Goiás, região 2) a 2,90% (frutos de Minas Gerais, região 2). Estes valores foram inferiores aos encontrados por Lima et al. (2007), de 3,00%, e por Vera et al. (2007), de 3,89% para região de Araguapaz e de 3,60% para Mambaí.

Em relação aos teores de lipídios, nutriente abundante no pequi, observou-se altas concentrações nos frutos oriundos de Mato Grosso (média de 32,3% nas duas regiões) e concentrações bem inferiores nos pequis oriundos de Minas Gerais (região 1), Tocantins (região 2) e Goiás (região 2) (média de 14,5% nas três regiões) (Tabela 8). Lima et al. (2007) encontraram valores médios de 33,4%, próximos dos valores mais elevados observados neste trabalho, enquanto Vera et al. (2007)

observaram valores intermediários de lipídios, 18,5% para os frutos de Araguapaz e 20,0% para os frutos de Mabaí. A variabilidade observada nos teores de lipídios do presente estudo deve-se a fatores genéticos, mesmo sendo pequis da mesma espécie. Os valores energéticos encontrados neste estudo variaram de acordo com o teor de lipídios dos frutos de cada região, sendo que os frutos de Mato Grosso tiveram maiores valores energéticos (média de 312 kcal.100g⁻¹). Lima et al. (2007) constataram valores superiores aos deste estudo, de 358,4 kcal.100g⁻¹.

Quanto aos teores de fibra dietética, os resultados encontrados neste trabalho foram semelhantes aos verificados por Lima et al. (2007), de 10,02%. Porém, Vilas Boas (2004) encontrou teores de fibras de 13%. Os valores encontrados no presente estudo para carboidratos variaram de 0,29% (Goiás região 2) a 7,02% (Minas Gerais região 2). Lima et al. (2007) encontraram teores de carboidratos bastante superiores aos deste estudo, de 11,45%. Isto pode se dever ao fato de que os frutos analisados por Lima et al. (2007) apresentaram teores de umidade menores do que os deste trabalho.

Com relação à composição em ácidos graxos, como se pode observar, houve um predomínio de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico. Este resultado é compatível com os relatados por Lima et al. (2007). Os frutos oriundos das duas regiões de Mato Grosso, que tiveram maiores teores de lipídios totais, apresentaram maiores concentrações de ácidos graxos saturados, destacando-se o ácido palmítico, com maior concentração de ácidos graxos saturados em todos os frutos. A ingestão alimentar de ácidos graxos monoinsaturados promove um bom perfil lipídico sérico, melhora os níveis de pressão arterial e modula favoravelmente a sensibilidade à insulina e controle glicêmico. (GILLINGHAM; HARRIS-JANZ; JONES, 2011; LICHTENSTEIN et al., 2006).

Estudos que analisaram a composição em ácidos graxos de outros frutos regionais brasileiros encontraram também prevalência de ácido graxo monoinsaturado oleico e ácido graxo saturado palmítico. Hiane et al. (2003) encontraram, na polpa de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.) 53% de ácido graxo oleico, valor próximo aos constatados na polpa de pequi, e 17% de ácido graxo palmítico, resultado inferior aos teores verificados na maioria dos pequis estudados (Tabela 9). Vásquez-Ocmín et al. (2010) constataram, na polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*), predominância de ácido graxo oleico (média de 75%), teores superiores

aos encontrados nos frutos de pequi (Tabela 9), e cerca de 20% de ácido graxo palmítico. Um trabalho realizado com bocaiúva (*Acrocomia mokayáyba* Barb. Rodr.) mostrou que sua polpa contém em média 73% de ácido graxo oleico e 15% de ácido graxo palmítico (HIANE; PENTEADO; ADOLATO, 1990).

A grande variabilidade existente nas características físicas e químicas dos frutos de pequi oriundos de diferentes regiões pode ocorrer pelas diferenças climáticas, fertilidade e pH do solo, índices pluviométricos anuais, além de outros fatores. O estágio de maturação em que os frutos são colhidos determina a qualidade final do fruto a ser oferecido ao consumidor. O ciclo vital do pequi é caracterizado por muitas variações fisiológicas, físicas, físico-químicas e químicas (RODRIGUES, 2005). Analisando os fatores pré-colheita de temperatura, amplitude térmica e índices pluviométricos, observou-se que a amplitude térmica anual de todas as regiões foi em média 12°C, sendo que as temperaturas menores foram observadas em Minas Gerais (região 1), com média anual de 16,6°C e as maiores, nas duas regiões de Mato Grosso e Tocantins. Quanto à média anual de precipitação, verificou-se maiores índices em Tocantins (região 1) e Goiás (região 1), com média de 140 mm, enquanto que as duas regiões de Minas Gerais tiveram menores índices (média de 90 mm). Essas diferenças nas características pré-colheita podem justificar as diferenças físico-químicas entre os pequis provenientes de diversas regiões do Cerrado.

Quanto aos compostos fenólicos totais, os frutos provenientes de Goiás (região 2) apresentaram teores bem acima dos observados nos pequis oriundos de Mato Grosso (região 1). O resultado para fenólicos totais encontrado por Lima et al. (2007) foi de 209,0 mg GAE.100g⁻¹, valor compatível com os do presente trabalho. No entanto, no estudo de Barreto, Benassi e Mercadante (2009), com pequis provenientes de Fortaleza-CE, os autores encontraram valores bem mais elevados, de 4.623,4 mg GAE.100g⁻¹.

Comparando os teores de compostos fenólicos encontrados na polpa de pequis deste estudo com os teores em outros frutos regionais, verifica-se que o pequi possui boas quantidades destes compostos bioativos. No estudo de Kuskoski et al. (2005), no qual foram analisados os teores de compostos fenólicos em polpas de frutos regionais brasileiros, não relatando a procedência destes frutos, observou-se que apenas a acerola e a manga tiveram quantidade superiores de compostos fenólicos em relação aos pequis analisados no presente estudo, conforme mostrado

na Tabela 12. Num estudo feito por Lima, Mélo e Lima (2002), no qual analisaram-se os teores de compostos fenólicos presentes em pitangas (*Eugenia uniflora* L.) procedentes de Paratibe-PE, foram observados teores médios de 325 mg GAE.100g⁻¹, mostrando valores superiores aos teores constatados nos frutos provenientes de todas as regiões, exceto Goiás (região 2).

Tabela 12. Teor de compostos fenólicos totais em polpas de frutos regionais brasileiros.

Fruto	Fenólicos totais (mg GAE ¹ .100g ⁻¹)
Acerola (<i>Malpighia glabra</i>)	580,1
Manga (<i>Mangifera indica</i>)	544,0
Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	136,8
Morango (<i>Fragaria vesca</i>)	132,1
Graviola (<i>Anona muricata</i>)	84,3
Goiaba (<i>Psidium guayava</i>)	83,1
Abacaxi (<i>Ananos sativa</i>)	21,7
Maracujá (<i>Passiflora indica</i>)	20,2

¹GAE: Equivalentes de ácido gálico. Fonte: Kuskoski et al. (2005).

Lima (2008) analisou os tipos de compostos fenólicos presentes na polpa de pequis provenientes do estado do Piauí, constatando a maior presença de ácidos fenólicos (69 µg.g⁻¹ de amostra), que conferem um bom potencial antioxidante ao fruto. Nesse sentido, seria importante realizar análise dos tipos de compostos fenólicos presente em polpa de pequis de diferentes regiões do Cerrado, considerando que o teor de compostos fenólicos totais variou muito entre uma região e outra. Sabe-se que a solubilidade e os efeitos estéricos de cada molécula fenólica pode ser afetados pelo tipo de estrutura, que podem aumentar ou diminuir a atividade antioxidante (RICE-EVANS; MILLER; PAPANGA, 1996).

Quanto aos teores de carotenoides totais, mais uma vez observa-se a grande variabilidade dos resultados encontrados nos frutos das oito regiões estudadas, sendo que os frutos procedentes de Mato Grosso (região 1) e Minas Gerais (região 2) continham maiores valores (média de 18.700 µg.100g⁻¹). Lima et al. (2007) encontraram valores médios de carotenoides totais de 7.250 µg.100g⁻¹, semelhantes aos teores observados nos frutos de Goiás (região 2). Um estudo feito por Marinho e Castro (2002), em pequis (*Caryocar villosum*) provenientes do Amazonas, revelaram teores de carotenoides totais de 2.060 µg.100g⁻¹, valores bem

inferiores aos dos frutos de Tocantins (região 2), frutos com os menores valores de carotenoides totais constatados neste estudo. Um trabalho realizado por Oliveira et al. (2006), com pequis (*Caryocar brasiliense*) provenientes de Montes Claros - MG, constatou que o grau de maturação do fruto influencia no teor de carotenoides presentes na polpa. Estes autores encontraram valores de carotenoides totais de $6.780 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$, para frutos coletados na árvore, $8.370 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ para frutos coletados no chão, após queda natural, e $11.340 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ para frutos coletados no chão após queda natural e três dias armazenados em condições ambientais. Por meio deste estudo, percebe-se a importância de haver um controle das variáveis de coleta dos frutos, que influenciam diretamente na composição química deles.

Rosso e Mercadante (2007) avaliaram a composição em carotenoides de diversos frutos regionais, originários do Amazonas. Seus resultados mostraram que a pupunha (*Bactrys gasipaes*) apresentou cerca de $13.000 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ de carotenoides totais, valores próximos aos observados nos frutos procedentes das regiões 1 de Tocantins e Minas Gerais. O teor de carotenoides presente na polpa de physalis (*Physalis angulata*) foi de $8.089 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$, similar ao dos pequis provenientes de Goiás (região 2) ($7.209,76 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$). Já os valores de carotenoides observados em tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), de $6.265 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$; mamey (*Mammea americana*), de $6.253 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$; e em marimari (*Geoffrola striata*), de $3.798 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$, foram próximos aos valores mínimos encontrados na polpa de pequi, da região 2 dos estados de Goiás e Tocantins (Tabela 10).

A pitanga vermelha (*Eugenia uniflora* L.), estudada por Lima; Mélo e Lima (2002) apresentou teores consideráveis de carotenoides totais (média de $11.100 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$), próximos dos valores observados nos frutos de Goiás (região 1). O buriti (*Mauritia vinifera* L.) é um fruto regional que se destaca por ser rico em carotenoides. No estudo de Rosso e Mercadante (2007) foram observados teores elevados de carotenoides na polpa de buriti (média de $51.387 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$), valor superior aos encontrados nos pequis oriundos de Mato Grosso (região 1) e Minas Gerais (região 2) (Tabela 10). É importante ressaltar a necessidade de estudos que analisem os tipos de carotenoides presentes na polpa de pequis (*Caryocar brasiliense*), procedentes de diferentes regiões do Cerrado, a fim de determinar sua atividade de vitamina A. Dessa forma, possibilitaria o esclarecimento de equívocos da literatura nacional e de crenças alimentares, que relatam que o pequi é rico em vitamina A (BRASIL, 2002). Ramos et al. (2002) analisaram os pigmentos carotenoides da

polpa de pequis (*Caryocar brasiliense*) provenientes de Mato Grosso do Sul, e encontraram prevalência de anteraxantina (40,54%) e de zeaxantina (34,24%), o β -caroteno estava presente em apenas 6,35% da polpa. Este estudo mostra que a polpa de pequi contem mais carotenoides que não possuem atividade pró-vitamina A.

O teor de carotenoides apresentou correlação positiva com a luminosidade ($p=0,003$) dos frutos e correlação negativa com o parâmetro de croma a^* ($p=0,005$), mostrando que quanto mais escuros e maior coloração vermelha dos frutos, maior o teor de carotenoides. Era esperado que o teor de carotenoides se correlacionasse com o parâmetro de croma b^* , considerando que os carotenoides conferem coloração amarela aos frutos, e o parâmetro b^* representa esta cor. Porém, quando se observa visualmente os frutos que apresentam tonalidades mais fortes, percebe-se que a cor laranjada (vermelho + amarelo) é predominante, justificando assim a correlação do teor de carotenoides com o parâmetro de croma a^* . Houve também correlação positiva entre o teor de carotenoides e o teor de lipídios ($p=0,034$) presentes na polpa dos pequis. Este dado confirma o caráter lipofílico dos carotenoides, mostrando que quanto maior o teor de lipídios no pequi, maior a quantidade de carotenoides (YEUM; RUSSELL, 2002).

Quanto ao potencial antioxidante da polpa de pequi, observou-se que todos os extratos sequestraram o oxidante DPPH, em nível inferior ao padrão BHT. O extrato aquoso apresentou maior potencial quando comparado aos extratos etéreo e alcoólico, para quase todas as amostras de polpas analisadas. Este resultado foi também observado no estudo de Lima (2008), no qual foi avaliado o potencial antioxidante da polpa de pequi. Porém, Lima (2008) encontrou valores de EC_{50} de 260,4 $\mu\text{g/mL}$, superior aos resultados encontrados para o extrato aquoso deste trabalho. Isso revela que a capacidade antioxidante dos pequis avaliados neste estudo foi maior do que aquela dos pequis estudados por Lima (2008).

Roesler et al. (2007) avaliaram a atividade antioxidante dos extratos aquosos e etanólicos da casca, da polpa e da semente de frutas do Cerrado brasileiro, provenientes de Goiânia-GO, pelo ensaio DPPH. Estes autores encontraram os seguintes valores de EC_{50} : 387,4 para o extrato etanólico e 879,3 para o extrato aquoso da polpa da cagaita; 148,8 para o extrato etanólico e 1.321,9 para o extrato aquoso da polpa de araticum; 298,7 para o extrato etanólico e 534,4 para o extrato aquoso de polpa e semente de pequi. Destes frutos, apenas o extrato etanólico da

polpa de araticum apresentou melhor potencial antioxidante do que o potencial constatado no presente trabalho (Tabela 11). Os resultados encontrados para o pequi no estudo de Roesler et al. (2007) foram inferiores aos deste estudo. No entanto, deve-se considerar que foram analisadas a polpa e a semente do pequi juntas e não somente a polpa, como nesta pesquisa.

Foi observada correlação positiva entre o teor em compostos fenólicos e o EC_{50} dos extratos aquosos. O método do DPPH tem sido muito utilizado na análise de mecanismos de reação dos compostos polifenólicos com radicais livres, sendo o mais usado para determinar a capacidade antioxidante atualmente (SAWAY et al., 2005). Assim, essa metodologia verifica a capacidade antioxidante do fruto gerada, sobretudo, pelo conteúdo de compostos fenólicos (LIMA, 2008). Porém, como foi verificado neste presente trabalho, a polpa de pequi é rica também em carotenoides, os quais exercem funções antioxidantes no organismo humano, e a metodologia do radical DPPH não é a mais indicada para detectar o potencial antioxidante de compostos carotenoides. Dessa forma, os resultados para capacidade antioxidante da polpa dos pequis, apesar de promissoras, não refletem todo o potencial antioxidante deste fruto do Cerrado.

O método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico tem sido utilizado para analisar frutos e sementes ricos em lipídios. Amarowicz e Wanasundara (1996) utilizaram este método para avaliar a capacidade antioxidante da semente de mostarda. Matthaus (2002) usou este modelo na avaliação do potencial antioxidante de extratos de canola, girassol e mostarda. Giada (2006) o empregou na avaliação da capacidade antioxidante da semente rajada de girassol, encontrando uma correlação positiva da atividade antioxidante com outros métodos, dentre eles o DPPH. O método do radical ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônico (ABTS) pode ser utilizado tanto para amostras hidrofílicas quanto lipofílicas e tem sido usado para amostras biológicas (plasma) e que contenham carotenoides e compostos fenólicos (ARTS et al., 2001; PANNALA et al., 2001). Assim, seria importante avaliar a capacidade antioxidante de pequi por outros métodos, além do DPPH, em amostras de diferentes regiões do Cerrado, como delineado no presente estudo, bem como analisar o perfil de compostos fenólicos e de carotenoides presentes na polpa de pequi.

Foram observadas algumas limitações nesta pesquisa, como: a análise de atividade antioxidante ter sido realizada apenas por uma metodologia e os poucos

estudos publicados na literatura sobre análise de compostos bioativos presentes na polpa de pequi, realizada com metodologias padronizadas, a fim de possibilitar comparações com este trabalho. Tem-se como perspectivas para novas pesquisas a partir deste presente trabalho, a realização de análises que tracem o perfil de carotenoides e fenólicos totais, e ainda, esta pesquisa possibilita o direcionamento de trabalhos que explorem o uso de pequi como antioxidante sobre qual a melhor região para realizar este tipo de pesquisa.

7 CONCLUSÕES

- As características físicas e químicas do pequi são bastante influenciadas pela região de origem dos frutos, sobretudo em relação à cor e aos teores de lipídios e carotenoides.
- A massa do fruto está correlacionada positivamente com o tamanho do caroço e o rendimento de polpa.
- A cor dos frutos (parâmetro de croma a^*) é influenciada pelos teores de carotenoides.
- O teor de carotenoides está relacionado ao teor de lipídios da polpa de pequi.
- A polpa de pequi é rica em compostos fenólicos e carotenoides, cujas quantidades são superiores às encontradas na maioria das polpas de frutos regionais brasileiros.
- A polpa de pequi apresenta alta capacidade antioxidante, superior à de outros frutos regionais.
- Considerando os valores encontrados para as diferentes variáveis estudadas, os pequis dos estados de Tocantins (região 1) e Mato Grosso (região 2) apresentaram propriedades comerciais, tecnológicas e nutricionais mais interessantes.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. Espécies de maior relevância para a região Centro-Oeste. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, cap. 1, p. 15-30.
- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado**: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 294 p.
- AHARONI, A.; GALILI, G. Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 22, n. 2, p. 239-244, 2011.
- ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. (Ed.). **De grão em grão, o Cerrado perde espaço**: Cerrado - impactos do processo de ocupação. Brasília: Fundo Mundial para a Natureza, 1995. 66 p.
- ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 188 p.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. 464 p.
- ALVES, A. M.; FERNANDES, D. C.; SOUSA, A. G. O.; NAVES, M. M. V. Caracterização física e química de frutos do pequizeiro oriundos de três estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2012. (No prelo).
- AMOROWICZ, R.; WANASUNDARA, U. N. Antioxidant activity of ethanolic extract of mustard seed. **Food / Nahrung**, Bognor Regis, v. 40, n. 5, p. 261-268, 1996.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- ARAÚJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) - an economically valuable species of the Central Brazilian Cerrados. **Economic Botany**, New York, v. 49, n. 1, p. 40-48, 1995.
- ARTS, M. J. T. J.; HAENEM, G. R. M. M.; VOSS, H. P.; BAST, A. Masking of antioxidant capacity by the interaction of flavonoids with protein. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 39, n. 8, p. 787-791, 2001.
- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 3-4, p. 385-396, 2004.

BARRETO, G. P. M.; BENASSI, M. T.; MERCADANTE, A. Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 20, n. 10, p. 1856-1861, 2009.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BHAT, K. P. L.; PEZZUTO, J. M. Cancer chemopreventive activity of resveratrol. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 957, n. 1, p. 210-229, 2002.

BIESALSKI, H. K.; DRAGSTED, L. O.; ELMADFA, I.; GROSSKLAUS, R.; MÜLLER, M.; SCHRENK, D.; WALTER, P.; WEBER, P. Bioactive compounds: definition and assessment of activity. **Nutrition**, Burbank, v. 25, n. 11-12, p. 1202-1205, 2009.

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

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 1999. **Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos**, Brasília, DF, abril. 1999.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Alimentos regionais brasileiros**. Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 141 p.

CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y.; SHEPERD, G. J. How rich is the flora of Brazilian Cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 86, n. 1, p.192-224, 1999.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates: nature, occurrence and dietary burdens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 79, n. 3, p. 362-372, 1999.

DIXON, R. A. Plant natural products: the molecular genetic basis of biosynthetic diversity. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 10, n. 2, p. 192-197, 1999.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora da UnB, 1994, cap. 2, p. 17-73.

ES-SAFI, N. E.; CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M. Interactions between cyaniding 3-O-glucoside and furfural derivatives and their impact on food color changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 20, p. 5586-5595, 2002.

FOLCH, J.; LESS, M. STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

GIADA, M. L. R. **Avaliação da capacidade antioxidante dos compostos fenólicos do cotilédone da semente de girassol (*Helianthus annuus* L) rajada**. São Paulo, 2006. 206 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

HEINONEIN, S.; NURMI, T.; LIUKKONEN, K.; POUTANEN, K.; WÄHÄLÄ, K.; DEYAMA, T.; NISHIBE, S.; ADLERCREUTZ, H. In vitro metabolism of plant lignans: new precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 7, p. 2178-2186, 2001.

HIANE, P. A.; BOGO, D.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. Carotenoides pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 206-209, 2003.

HIANE, P. A.; PENTEADO, M. V. C.; ADOLATO, E. Teores de ácidos graxos e composição centesimal do fruto e da farinha da bocaiúva (*Acrocomia mokayáyba* Barb. Rodr.). **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 21-26, 1990.

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.

HURST, W. J.; GLINSKI, J. A.; MILLER, K. B.; APGAR, J.; DAVEY, M. H.; STUART, D. A. Survey of the *trans*-resveratrol and *trans*-piceid content of cocoa-containing and chocolate products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 18, p. 8374-8378, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p.

KITTS, D. D. Bioactive substances in food: identification and potential uses. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 72, n. 4, p. 423-434, 1994.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.147-155, 2005.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, Tucson, v. 113, n. 9B, p. 71S-88S, 2002.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, G. A.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LANCASTER, J. E.; LISTER, C. E.; READY, P. F.; TRIGGS, C. M. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 594-598, 1997.

LICHTENSTEIN, A. H.; APPEL, L. J.; BRANDS, M.; CARNETHON, M.; DANIELS, S.; FRANCH, H. A.; FRANKLIN, B.; KRIS-ETHERTON, P.; HARRIS, W. S.; HOWARD, B.; KARANJA, N.; LEFEVRE, M.; RUDEL, L.; SACKS, F.; HORN, L. V.; WINSTON, M.; WYLIE-ROSETT, J. Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. **Circulation**, Dallas, v. 114, n. 1, p. 82-96, 2006.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Bromatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenoides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIMA, V.; MÉLO E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

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 de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1. 368 p.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMENÉZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARINHO, H. A.; CASTRO, J. S. Carotenoides e valor de pró-vitamina A em frutos da região Amazônica: pajurá, piquiá, tucumã e umari. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém: 2002.

MATTHAUS, B. Antioxidant activity of extracts of isolated from residues of oilseeds, such as rapessed or sunflower. **Agro Food Industry Hi-Tech**, Milano, v. 13, n. 4, p. 22-25, 2002.

MCANLIS, G. T. MCENEMY, J.; PEARCE, J.; YOUNG, I. S. Absorption and antioxidant effects of quercetin from onions, in man. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 53, n. 2, p. 92-96, 1999.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods**: basis and derivation. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

MILDER, I. E. J.; ARTS, I. C. W.; PUTTE, B. V.; VENEMA, D. P.; HOLLMAN, P. C. H. Lignan content of Dutch plant foods: a database including lariciresinol, pinoresinol, secoisolariciresinol and matairesinol. **British Journal of Nutrition**, London, v. 93, n. 3, p. 393-402, 2005.

MIRANDA-VILELA, A. L.; AKIMOTO, A. K.; ALVES, P. C. Z.; PEREIRA, L. C. S.; GONÇALVES, C. A.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; GRISOLIA, C. K. Dietary carotenoid-rich pequi oil reduces plasma lipid peroxidation and DNA damage in runners and evidence for an association with MnSOD genetic variant -Val9Ala. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 4, p. 1481-1495, 2009a.

MIRANDA-VILELA, A. L.; PEREIRA L. C. S.; GONÇALVES, C. A.; GRISOLIA, C. K. Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners. **Nutrition Research**, New York, v. 29, n. 12, p. 850-858, 2009b.

NAVES, R. V.; NASCIMENTO J. L.; SOUZA, E. R. B. **Pequi**. Jaboticabal: Funep, 2010. 37 p.

OLIVEIRA, M. E. B. **Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 113).

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. 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 de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 114-125, 2010.

OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. 398p.

PANNALA, A. S.; CHAN, T. S.; O' BRIEN, P.; RICE-EVANS, C. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 282, n. 4, p. 1161-1168, 2001.

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Nutrire**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 231-247, 2009.

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

PIANOVSKI, A. R.; VILELA, A. F. G.; SILVA, A. A. S.; LIMA, C. G.; SILVA, K. K.; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R.; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. Uso do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) em emulsões cosméticas: desenvolvimento e avaliação da estabilidade física. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 249-259, 2008.

PINTO, M. P.; DINIZ FILHO, J. A. F. Biodiversidade no Cerrado. In: ALMEIDA, M. G. de (Org). **Tantos Cerrados: múltiplas abordagens sobre a biogeodiversidade e singularidade cultural**. Goiânia: Vieira, 2005, cap. 10, p. 115-128.

PRICE, S. F.; BREEN, P. J.; VALLADAO, M.; WATSON, B. T. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, n. 2, p. 187-194, 1995.

RAMOS, M. I. L.; UMAKI, M. C. S.; HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenoides pró-vitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.

RAO, A.; RAO, L. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, London, v. 55, n. 3, p. 207-216, 2007.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Exeter, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAPANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

RIBEIRO, R. F. **Pequi**: o rei do cerrado. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62p.

RODRIGUES, L. J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**: ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo. 2005. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 100 p.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

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. 5062-5072, 2007.

SALMINEN A.; LEHTONEN, M.; SUURONEN, T.; KAARNIRANTA, K.; HUUSKONEN, J. Terpenoids: natural inhibitors of NF-kB signaling with anti-inflammatory and anticancer potential. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v. 65, n. 19, p. 2979-2999, 2008.

SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 80, n. 7, p. 1094-1117, 2000.

SAWAY, Y.; MOON, J. H.; SAKATA, K.; WATANABE, N. Effects of structure on radical-scavenging abilities and antioxidative activities of tea polyphenols: NMR analytical approach using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 9, p. 3598-3604, 2005.

SHEWFELT, R. L.; THAI, C. N.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1433-1437, 1988.

SILVA, A. G. M.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; FERNANDES, D. C.; FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V.; CHAVES, L. J. Composição em carotenoides de pequi nativo de dois estados da região centro-oeste do Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 8., 2009, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2009. 1 CD-ROOM.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; ANDRADO, L. R. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: Embrapa-CPAC, 1994. 166 p.

SILVA, S.; TASSARA, H. Frutas do Cerrado. In: SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Nobel, 2001, cap. 3, p. 30-209.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 63-81, 1959.

TEMPLE, N. J. Antioxidants and disease: more questions than answers. **Nutrition Research**, New York, v. 20, n. 3, p. 449-459, 2000.

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

VERA, R. **Caracterização física e química de frutos do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) de diferentes regiões do Estado de Goiás**. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2004.

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.

VILAS BOAS, E. V. B. Frutos minimamente processados: pequi. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 122-127.

VITRAC, X.; MONTI, J. P.; VERCAUTEREN, J.; DEFFIEUX, G.; MÉRILLON, J. M. Direct liquid chromatographic analysis of resveratrol derivatives and flavanols in wines with absorbance and fluorescence detection. **Analytical Chimica Acta**, Amsterdam, v. 458, n. 1, p. 103-110, 2002.

WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Biological relevance of terpenoids: overview focusing on mono-, di- and tetraterpenes. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 47, n. 3-4, p. 95-106, 2003.

WENZEL, E.; SOMOZA, V. Metabolism and bioavailability of *trans* resveratrol. **Molecular Nutrition and Food Research**, Bognor Regis, v. 49, n. 5, p. 472-481, 2005.

YANG, C. S.; LANDAU, J. M.; HUANG, M. T.; NEWMARK, H. L. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 21, n. 1, p. 381-406, 2001.

YEUM, K. J.; RUSSELL, R. M. Carotenoid bioavailability and bioconversion. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 22, n. 1, p. 483-504, 2002.