

**Determinação da atividade antioxidante e de fenóis totais do pequi (*Caryocar brasiliense*
Camb.)**

**Determination of antioxidant activity and total phenols of pequi (*Caryocar brasiliense*
Camb.)**

**Determinación de actividad antioxidante y fenoles totales del pequi (*Caryocar brasiliense*
Camb.)**

Recebido: 29/10/2020 | Revisado: 06/11/2020 | Aceito: 11/11/2020 | Publicado: 13/11/2020

Ana Paula Ferreira Lima Denger

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2074-4333>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: lima.apferreira@gmail.com

Livia de Oliveira Kawano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-8204>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: liviaoliveira87@yahoo.com.br

Ramon Alves de Oliveira Paula

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4562-0970>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: alvesfarmacia@yahoo.com.br

Letícia Barbosa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6976-1938>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lbs2011@ufmg.br

Maria Rita Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0940-002X>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: maria.ritarodrigues@unifal-mg.edu.br

Fernanda Borges de Araújo Paula

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3077-3023>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: fernanda.paula@unifal-mg.edu.br

Stella Maris da Silveira Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6276-3420>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: stellaunifal@yahoo.com.br

Resumo

Antioxidantes naturais em frutas recebem enorme atenção da comunidade científica mundial devido seu papel na prevenção e no controle de doenças associadas ao estresse oxidativo. O objetivo deste estudo foi avaliar a atividade antioxidante das diferentes concentrações do extrato aquoso obtido da polpa do pequi, utilizando a combinação de diferentes metodologias. A partir de 4 % (g/dL) de tal extrato foi determinada a concentração de compostos fenólicos totais e a análise *in vitro* do potencial antioxidante pelos ensaios da atividade sequestrante do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) e poder redutor de metais. Para a avaliação *ex vivo*, determinou-se em homogeneizado de cérebro de ratos a capacidade de inibição da peroxidação lipídica, estimada pela formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. O conteúdo fenólico total foi de $2,22 \pm 0,045$ g de equivalentes de ácido tânico/100 g. O teste de DPPH evidenciou que todas as frações das amostras processadas possuíram atividade em suas diferentes concentrações. Em relação a inibição da peroxidação lipídica, o teste de Tukey mostrou redução dos níveis, existindo diferença significativa ($p < 0,05$) a partir da concentração de 0,02 g/dL. Os resultados ressaltam a importância do consumo de pequi e sugerem que, além do seu alto valor nutricional, apresenta excelentes propriedades bioativas e pode, portanto, ser uma estratégia promissora para o desenvolvimento de novas perspectivas agroindustriais.

Palavras-chave: Alimento funcional; Estresse oxidativo; Extratos vegetais; Fruta tropical; Pequi.

Abstract

Natural antioxidants in fruits draws enormous attention from the scientific community due to their role in the prevention and control of diseases associated with oxidative stress. The aim of this study was to evaluate the antioxidant activity of different concentrations of the aqueous extract obtained from the pequi pulp, using the combination of different methodologies. From 4 % (g/dL) of such extract, determined the concentration of total phenolic compounds and the *in vitro* analysis of the antioxidant potential were determined by assays of the sequestering activity of the radical 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil (DPPH) and metal reducing power. For

the *ex vivo* evaluation, the capacity of inhibiting lipid peroxidation, estimated by the formation of substances reactive to thiobarbituric acid, was determined in rat brain homogenate. The total phenolic content was 2.22 ± 0.045 g of tannic acid equivalents/100 g. DPPH test showed that all fractions of the processed samples had activity at different concentrations. Regarding the inhibition of lipid peroxidation, the Tukey test showed a reduction in levels, with a significant difference ($p < 0,05$) from the concentration of 0.02 g/dL. These results emphasize the importance of the consumption of pequi and suggest that, in addition to its high nutritional value, it has excellent bioactive properties and can, therefore, be a promising strategy for the development of new agroindustrial perspectives.

Keywords: Functional food; Oxidative stress; Plant extracts; Tropical fruit; Pequi.

Resumen

Los antioxidantes naturales en frutas reciben una enorme atención por parte de la comunidad científica mundial debido a su papel en la prevención y en el control de enfermedades asociadas al estrés oxidativo. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante de las diferentes concentraciones del extracto acuoso obtenido de la pulpa de pequi mediante la combinación de diferentes metodologías. A partir del 4 % (g/dL) de dicho extracto, se determinó la concentración de compuestos fenólicos totales y se hizo el análisis *in vitro* del potencial antioxidante mediante ensayos de la actividad secuestrante del radical 2,2-difenil-1-picryl-hidrazil (DPPH) y del poder reductor de metales. Para la evaluación *ex vivo*, se determinó la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica, estimada por la formación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, en homogeneizado de cerebro de rata. El contenido fenólico total fue de $2,22 \pm 0,045$ g de equivalentes de ácido tánico/100 g. La prueba DPPH mostró que todas las fracciones de las muestras procesadas tenían actividad en sus diferentes concentraciones. En cuanto a la inhibición de la peroxidación lipídica, la prueba de Tukey mostró una reducción en los niveles, con una diferencia significativa de la concentración de 0.02 g/dL. Los resultados enfatizan la importancia del consumo de pequi y sugieren que la fruta, además de su alto valor nutricional, tiene excelentes propiedades bioactivas y puede, por tanto, ser una estrategia prometedora para el desarrollo de nuevas perspectivas agroindustriales.

Palabras clave: Alimento funcionales; Estrés oxidativo; Extractos de plantas; Fruta Tropical; Pequi.

1. Introdução

As frutas tropicais são fontes de compostos bioativos (De Lima et al., 2007; Alves et al., 2014), com reconhecida ação sobre as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, prevenindo o dano oxidativo celular. Por essa atividade, esses compostos são capazes de reduzir o risco de desenvolvimento de muitas doenças crônico-degenerativas, como aquelas cardiovasculares e cânceres (Bjørklund & Chirumbolo, 2017; Sanches-Silva, 2020).

Além disso, com a crescente conscientização acerca do efeito positivo da dieta na saúde, os consumidores têm buscado alimentos naturais e saudáveis, capazes de promover o bem-estar, além de possuírem alto valor nutricional (Nowak et al., 2019). Diante disso, a indústria de alimentos passou a explorar alternativas aos antioxidantes sintéticos, tais como hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT), terc- butilhidroquinona (TBHQ) ou galato de propila (PG), potencialmente prejudiciais à saúde (Goyal & Suleria, 2019). Antioxidantes são essenciais nas indústrias de alimentos e farmacêutica, com o intuito de prevenir a deterioração, ranço e descoloração causados pela oxidação durante o processamento e armazenamento (Neelam & Krishna, 2019).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é um fruto típico do cerrado brasileiro, amplamente consumido nessa região. Devido ao sabor e aroma incomparáveis, é utilizado na culinária para fabricar uma variedade de produtos, como licores e doces (Faleiro & Farias-Neto, 2008). A polpa deste fruto destaca-se pela elevada ocorrência de compostos fenólicos e carotenoides totais, além de apresentar alto valor nutritivo e ser rica em proteínas, carboidratos, vitaminas, fibras, água e minerais, superiores aos constatados em diversas frutas brasileiras (Paula-ju et al., 2006; Oliveira et al., 2006; Rosso & Mercadante, 2007). Tais características tornam o pequi um importante complemento alimentar (Cardoso et al., 2012).

Estudos sobre a caracterização química das frutas tropicais ainda são limitados, existindo pouca informação a respeito dos constituintes bioativos. Assim, essa pesquisa teve como objetivo analisar a atividade antioxidante e os compostos fenólicos do extrato aquoso de pequi, por meio de testes *in vitro* e *ex vivo*, utilizando a combinação de diferentes metodologias.

2. Metodologia

2.1 Matérias-primas

Frutos maduros de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) foram adquiridos no comércio

local de Montes Claros, estado de Minas Gerais.

2.2 Obtenção dos extratos aquosos

Resumidamente, a polpa dos pequis *in natura* (500 g) foi retirada com auxílio de faca doméstica de aço inox e submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar (Nova Ética, 400 1ND, São Paulo) a 40 ± 5 °C até peso constante. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho analítico (modelo IKA A11 *basic*, Wilmington, USA), sendo posteriormente padronizadas a granulometria de 20 mesh.

O extrato foi preparado em água a 90 °C na concentração de 4 % (p/v). A mistura (pó da polpa + água Milli-Q) foi filtrada em papel de filtro Whatman nº 3 e o extrato, armazenado em frasco âmbar, em freezer a -22 °C, para posterior análise.

2.3 Determinação do teor de compostos fenólicos totais

A concentração de compostos fenólicos totais do extrato aquoso de pequi (4 g/dL) foi determinada pelo método de Folin Ciocalteu, proposto por Woisk & Salatino (1998). Em suma, 0,1 mL do extrato foi adicionado a 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu® (Merck), diluído em água Milli-Q (1:10). Essa solução foi homogeneizada e, decorridos 8 minutos, adicionou-se 0,4 mL de carbonato de sódio (Synth) a 4 % (m/v), recém preparado. A amostra foi incubada por 2 horas a temperatura ambiente (22 ± 2 °C), ao abrigo da luz. Decorrido esse tempo, foram realizadas três repetições em cada amostra. A absorbância foi determinada a 740 nm em espectrofotômetro (Shimadzu®, modelo 1650 PC). Antes de efetuar a leitura das amostras, procedeu-se a leitura do branco a para zerar o aparelho. A concentração de fenólicos foi calculada a curva padrão de ácido tânico (100 mg/1000 mL), em cinco concentrações diferentes.

2.4 Determinação da atividade antioxidante

2.4.1 Avaliação do poder redutor

A avaliação do poder redutor dos constituintes químicos foi feita a partir das diluições do extrato aquoso (4 g/dL), realizada de acordo com Yen & Chen (1995), com modificações. Em 0,5 mL dessas soluções adicionou-se 0,5 mL de água Milli-Q. Desta mistura, foi retirada

uma alíquota de 10 µL e completada com 990 µL de etanol (Synth) em um tubo de ensaio. Em seguida, foram acrescentados 2,5 mL de tampão fosfato salino (PBS) e 2,5 mL de ferricianeto de potássio (1 %). Os tubos foram homogeneizados e incubados em banho-maria a 50° C por 30 minutos. Depois, foram adicionados 2,5 mL de ácido tricloroacético (10 %), agitados e centrifugados por 10 minutos a 3000 rpm. Um volume de 2,5 mL desta mistura foi colocado em tubo de ensaio com 2,5 mL de água Milli-Q e 0,5 mL de cloreto férrico (0,1 %). Agitou-se a solução e procedeu-se a leitura em triplicata das absorbâncias em espectrofotômetro Shimadzu® UV-Visível a 700 nm. A atividade redutora dos extratos foi expressa como porcentagem de inibição em comparação ao padrão BHT (1 %) na mesma diluição referente às amostras (0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 g/dL).

2.4.2 Avaliação da atividade sequestrante de radicais livres DPPH

A capacidade antioxidante das amostras foi avaliada pelo método de captura de radicais livres 1,1-diphenyl-1,2-picrylhydrazyl (DPPH), conforme a metodologia descrita por Hatano et al. (1988). Para tal, 1,0 mL de diferentes concentrações do extrato aquoso (0,02; 0,06; 0,1; 0,4 e 1,0 g/dL), adicionou-se 1,0 mL da solução etanólica de DPPH 0,02 % (p/v), recém preparada. Essa mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente (22 ± 2 °C), com ausência de luz. Para o controle, foram utilizados em cada tubo de ensaio 1,0 mL de água Milli-Q acrescida de 1,0 mL da solução etanólica de DPPH. As leituras das absorbâncias foram realizadas a 517 nm em espectrofotômetro (Shimadzu®, modelo 1650 PC). As análises foram realizadas em triplicatas, em três repetições. A redução na absorbância indica atividade sequestrante do radical DPPH. A porcentagem de descoloração foi calculada de acordo com a fórmula:

$$\% \text{ Inibição} = 100 - [(A_{\text{cont}} - A_{\text{extr}})/A_{\text{cont}}] \times 100$$

Onde: A_{cont} foi a absorbância do controle e A_{extr} a absorbância da amostra em solução.

2.4.3 Determinação da inibição da peroxidação de lipídeos

A fim de determinar se o extrato aquoso de pequi é capaz de reduzir o estresse oxidativo, foi medida a peroxidação lipídica em tecido cerebral dos animais, pela técnica de Substâncias Reativas do Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), de acordo com Winterbourn,

Gutteridge & Halliwell (1985).

O experimento foi realizado conforme o Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Alfenas, MG (Unifal-MG), Brasil (Registro nº 522/2013). Foram utilizados cinco ratos adultos machos Wistar (*Rattus norvegicus*), pesando 270 ± 20 g, procedentes do biotério central da referida Universidade. Os animais foram mantidos em caixas de polietileno individuais, à temperatura ambiente de $(22 \pm 2$ °C), em ciclo claro/escuro de 12 horas, alimentados com ração comercial (Nuvilab CR-1, descontaminada e irradiada a 12 kgray) e água *ad libitum*.

Após a eutanásia, foram retirados os cérebros dos animais e lavados com solução de NaCl 0,9 %, pesados e homogeneizados em homogeneizador de tecidos (Tecnal[®], modelo TE-100), em banho de gelo, após adição de salina tamponada com fosfato (PBS) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ pH 7,4 (volume equivalente a quatro vezes o peso fresco de tecido). Os homogeneizados foram centrifugados (Sorvat Instruments Du Pont[®], modelo RC5C) a 3000 rpm, por 10 minutos a 4 °C e, o sobrenadante, mantido em banho de gelo. O controle foi feito com 490 µL de homogeneizado de cérebro e 10 µL de PBS e os testes, realizados com 490 µL de homogeneizado contendo 10 µL das diluições do extrato de pequi. As amostras e o controle foram incubados a 37 °C, com agitação, por 30 minutos para a obtenção da peroxidação espontânea. Imediatamente após, foram adicionados 500 µL de HCl (25 % v/v), 500 µL de ácido tiobarbitúrico (1 % p/v, em NaOH 0,05 M) e 45 µL de BHT etanólico (2 % p/v). A mistura foi incubada em banho-maria fervente, por um período de 15 minutos. Após o resfriamento em banho de gelo por 10 minutos foi adicionado 1,5 mL de butanol e as amostras foram agitadas vigorosamente em vórtex (IKA[®] MS1 Minishaker). A seguir, foram centrifugadas a 900 rpm, por cinco minutos, e a fração superior contendo butanol foi recolhida e utilizada para a determinação da absorvância no espectrofotômetro (Shimadzu[®], modelo 1650 PC) a 535 nm. O branco conteve apenas butanol.

A inibição da peroxidação lipídica após a adição de diferentes concentrações do extrato foi considerada como atividade antioxidante, sendo calculada como porcentagem de inibição da peroxidação de lipídios, por comparação ao controle:

$$\% \text{ Inibição} = (A_{\text{cont}} - A_{\text{Ext}}) / A_{\text{cont}} \times 100$$

Onde: A_{cont} foi a absorvância do controle e A_{Ext} a absorvância do homogeneizado com diferentes concentrações do extrato.

2.4.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa *Statistica*[®], versão 7.1 (Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma, EUA). Aplicou-se a análise de variância (ANOVA), sendo que as diferenças significativas foram determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. Resultados

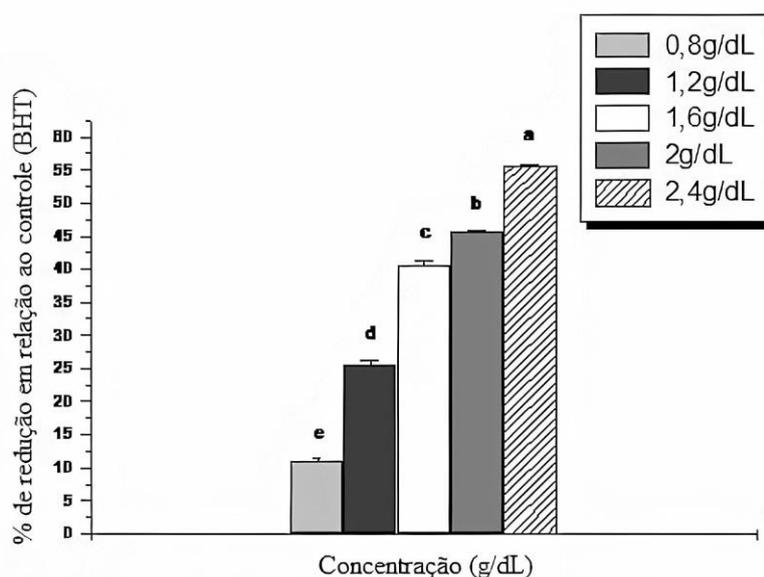
3.1 Determinação do teor de compostos fenólicos totais

Determinou-se o teor de compostos fenólicos totais presente na amostra do extrato aquoso de pequi (4 g/dL). A média de três determinações \pm desvio padrão dos resultados obtidos corresponde a $2,217 \pm 0,045$ g de equivalentes de ácido tânico/100 g.

3.2 Avaliação do poder redutor

As médias dos valores encontrados na análise do efeito redutor das cinco concentrações do extrato aquoso de pequi estão apresentadas na Figura 1. Nota-se que todas as frações das amostras processadas apresentaram atividade dose-dependente ($p < 0,05$).

Figura 1. Poder redutor (expresso em % de BHT utilizado como padrão) do extrato aquoso de pequi (4 g/dL) em diferentes concentrações. Letras distintas indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

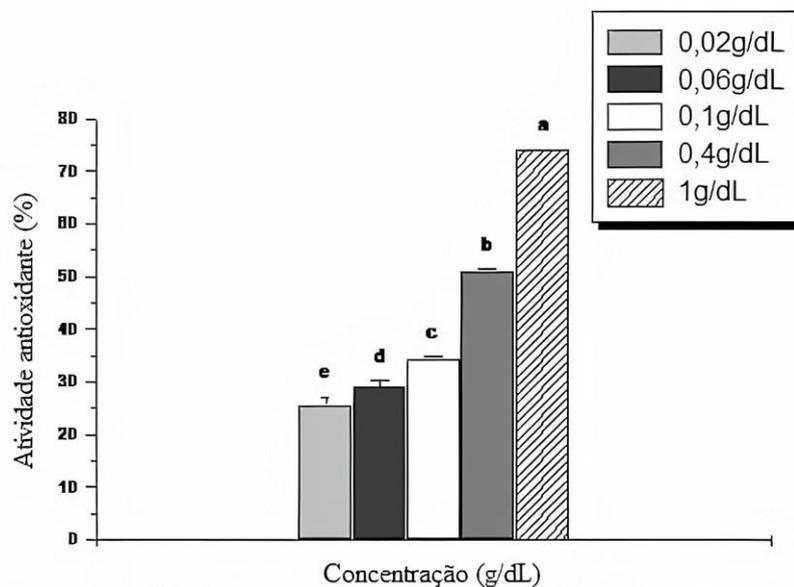


Fonte: Autores.

3.3 Avaliação da atividade sequestrante de radicais livres

Na Figura 2, consta a atividade antioxidante determinada pelo ensaio utilizando o radical livre DPPH. Pode-se observar que os resultados obtidos foram dependentes das concentrações dos extratos, apresentando diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0,05$).

Figura 2. Atividade sequestrante de radical DPPH das concentrações do extrato aquoso de pequi. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

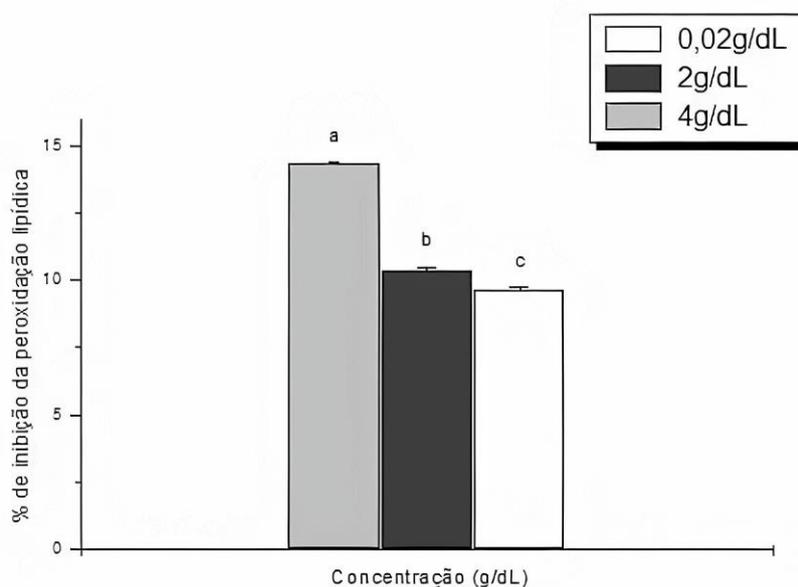


Fonte: Autores.

3.4 Determinação da inibição da peroxidação lipídica no cérebro de ratos

O teste de Tukey apresentou diferenças significativas nos valores da inibição da peroxidação lipídica nas diferentes concentrações analisadas (Figura 3). Verificou-se que o extrato aquoso de pequi na concentração de 4 g/dL induziu uma diminuição significativa da peroxidação lipídica cerebral, seguido das concentrações de 2 g/dL e 0,02 g/dL, respectivamente, demonstrando uma resposta dose-dependente.

Figura 3. Porcentagem de inibição da peroxidação de lipídeos em cérebro de ratos com a adição de diversas concentrações de extrato aquoso de pequi. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).



Fonte: Autores.

4. Discussão

A etnofarmacologia dos frutos do pequi fornece indícios de sua ação antioxidante, uma vez que estes são utilizados na medicina popular por seus efeitos anti-inflamatórios e antitumorais (Brandão, Laca-buendía & Macedo, 2002; Matos, 2007), sendo a relação entre esses efeitos e a ação antioxidante algo já estabelecido (Amiano et al., 2018; Chen et al., 2019).

Por sua vez, a atividade antioxidante tem sido atribuída principalmente às substâncias fenólicas em razão das suas características como: inibir a peroxidação de lipídeos, quelar íons metálicos e desativar as espécies reativas de nitrogênio e oxigênio (Olszowy, 2019). Contudo, os compostos bioativos podem também promover reação oxidativa *in vitro* (Nieva-Rchevarría, Goicoechea & Guillén, 2017).

O estudo de Navajas-Porras et al. (2020) demonstra uma relação direta entre a quantidade de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Além disso, Zhang et al. (2020) sugeriram que tais compostos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos.

As propriedades biológicas benéficas destes compostos têm despertado interesse de diversas áreas, sendo um dos maiores grupos de componentes dietéticos não essenciais, mais amplamente distribuídas no reino vegetal. Na indústria alimentícia, por exemplo, os fenóis são usados como retardante da oxidação de lipídios, agregando valor nutritivo dos alimentos (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Além disso, apresentaram toxicidade relativamente baixa, são mais baratos e igualmente bons ou até melhores do que os antioxidantes sintéticos (Newman & Cragg, 2007; Olszowy, 2019).

A concentração de compostos fenólicos verificada em nossa pesquisa foi maior do que o observado por Lima et al. (2007), que estudando a composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi procedentes do estado do Piauí, encontraram, para a polpa, uma proporção de fenólicos totais de 209,0 mg/100 g. Os resultados também foram superiores aos 73,8 e 78,3 mg/100 g, repostados por Nascimento-Silva, Mendes & Silva (2020) ao investigarem pequis coletados em duas diferentes cidades.

Já Roesler et al. (2007), analisando o conteúdo de fenólicos em frutos do cerrado, por meio de uma curva padrão expressa como equivalentes de ácido gálico (GAE), obtiveram para os extratos etanólico e aquoso da polpa e semente de pequi, oriundo de uma região de Goiás, os valores de 27,19 g e 20,88 g GAE.kg⁻¹, nesta ordem. Tais resultados são comparáveis aos já previamente relatados por Barreto, Benassi & Mercadante (2009), Ribeiro et al. (2014) e Leão et al. (2017).

Entretanto, Paz et al. (2014) alcançaram um resultado superior de fenólicos totais de 531,5 mg/100 g. Monteiro et al. (2015), também encontraram valores baixos em seus experimentos. Os estudos sobre o teor de compostos fenólicos totais no pequi são relativamente escassos na literatura e aqueles disponíveis apresentam grande amplitude, que pode ser atribuída a fatores intrínsecos e extrínsecos como: diferentes cultivares, composição de solo, condições climáticas, estágio de maturação, local de cultivo, processamento e estocagem dos alimentos, além das diferentes variedades da espécie em cada região (Gobbo-Neto & Lopes, 2007).

Provavelmente, as diferenças aqui descritas também foram associadas aos métodos extrativos. Apesar da sua boa eficiência, o teor total de composto fenólicos é diretamente afetado pela polaridade e seletividade do solvente, método extrativo, pH e temperatura (Yalavarthi, 2016; Shahidi et al., 2020; Phuong et al., 2020).

É interessante notar que outras pesquisas relacionadas na literatura apresentaram teores inferiores de polifenóis para muitas das frutas consumidas no Brasil, quando comparados ao achado no extrato aquoso da polpa do pequi do presente estudo (Albuquerque

et al., 2019; Alara et al., 2019). Esses resultados sugerem que o pequi, além de possuir nutrientes essenciais, é rico em compostos bioativos da dieta humana, constituindo um alimento com excelentes propriedades funcionais.

Observou-se claramente, pela análise da Figura 1, que o extrato de pequi foi eficiente, quando comparado à capacidade redutora do BHT, em causar a redução do complexo do Fe^{3+} com consequente formação de um complexo colorido com Fe^{+2} (Roginsky & Lissi, 2005). Dessa forma, pode-se sugerir que esses extratos apresentaram potencial antioxidante e dependente da concentração.

A partir da comparação dos resultados para o poder de redução e o teor de compostos fenólicos totais, observou-se uma correlação positiva, que também foi verificada no estudo de Mwamatope et al. (2020). Isso confirma a interação entre atividade antioxidante pelo poder redutor e a presença de compostos fenólicos. Entretanto, Alam, Bristi & Rafiquzzaman (2013) ressaltam a importância de se realizar a atividade antioxidante por meio de diferentes ensaios, visto que, cada metodologia possui a sua limitação e, dependendo do meio e da reação, o mesmo composto pode apresentar um comportamento antioxidante diferente ou até mesmo pró-oxidante.

Além disso, o extrato bruto de um derivado vegetal é uma amostra complexa e, portanto, possui diversos compostos (Annadurai et al., 2021). Então, é possível que no extrato do pequi existam outras substâncias com alto poder redutor/capacidade antioxidante que não fenóis, como vitamina C, ácido gálico, ácido quínico, quercetina e quercetina 3-O-arabinose, já identificados em amostras desta fruta (Brandão, Laca-buendía & Macedo, 2002; Roesler et al., 2008).

Infelizmente, poucos estudos que consideram a análise do poder redutor no pequi estão disponíveis. Morais et al. (2013), Leão et al. (2017) e Machado, Mello & Hubinger (2015) também constataram que os compostos fenólicos do pequi foram efetivos em reduzir o ferro (FRAP).

A capacidade em sequestrar os radicais livres DPPH foi avaliada utilizando concentrações distintas para as amostras, variando de acordo com a resposta antioxidante de cada uma. Conforme disposto na Figura 2, todos os extratos apresentaram atividade em capturar o radical DPPH, sendo o extrato aquoso da polpa de pequi na maior concentração (1,0 g/dL) aquele com melhor atividade antioxidante.

Os valores encontrados estão alinhados aos reportados por outros pesquisadores. Morais et al. (2013) verificaram forte potencial antioxidante dos extratos etanólico e aquoso de pequi em relação aos demais frutos do cerrado analisados. Ribeiro et al. (2014), ao

analisarem amostras de pequi procedentes de diferentes regiões do cerrado brasileiro, obtiveram também alto potencial para sequestrar radicais livres. Achados semelhantes são corroborados nos estudos de Roesler et al. (2007), Leão et al. (2017) e Machado, Mello & Hubinger (2015), ao avaliarem a atividade antioxidante do pequi pelo método DPPH.

Em conformidade com a literatura, descobrimos uma correlação direta entre o conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais e a capacidade de sequestrar radicais livres pelo método DPPH nas amostras analisadas, uma vez que os extratos com maior concentração de fenóis totais, por serem menos diluídos, foram os que apresentaram maior atividade antioxidante (Braham et al., 2020; Meza et al., 2020).

Por outro lado, alguns estudos divergem sobre essa relação. Na pesquisa feita por Souza et al. (2007), nenhuma correlação positiva foi evidenciada. Segundo um levantamento realizado com frutas comercializadas em Recife-PE, pode-se perceber uma fraca correspondência entre estes parâmetros para extrato aquoso e uma média entre o extrato acetônico (Melo et al., 2008).

O cérebro possui grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados, baixo nível de glutathione reduzida (GSH) (Sebio et al., 2019) e também baixos níveis de enzimas antioxidantes, tais como glutathione peroxidase, superóxido dismutase e catalase (Leonard & Maes, 2012), que o torna suscetível a peroxidação lipídica.

Os produtos de peroxidação lipídica, como malonaldeído (MDA), são altamente reativos, podendo reagir com proteínas, lipídeos e DNA (Vasconcelos et al., 2007). Assim, a ação antioxidante do extrato de pequi é capaz de contribuir para a redução da peroxidação lipídica, diminuindo a instalação de lesões celulares e teciduais (Panagiotakos et al., 2003; Oboh & Henle, 2009).

Em nosso estudo, a lipoperoxidação medida no cérebro, através do teste bioquímico de TBARS, demonstrou com sucesso um efeito benéfico do extrato aquoso de pequi (Figura 3). Estes resultados são comparáveis aos encontrados por Roesler et al. (2008), ao analisarem a peroxidação lipídica do extrato etanólico da polpa e sementes de pequi, por meio do sistema oxidativo de microsomas de fígado de ratos. Neste sentido, os resultados *ex vivo* confirmam aqueles obtidos *in vitro* neste trabalho, ao mostrarem atividade antioxidante contra lipoperoxidação. Por outro lado, Lima et al., (2006), utilizando a mesma metodologia do presente estudo, demonstraram os extratos de *Arctium lappa* Linne obtidos a partir de diferentes solventes inibiram a peroxidação lipídica em cérebro de ratos em até 80% em relação ao controle. Apesar desses resultados serem superiores aos descobertos neste estudo para o pequi, os aqui obtidos demonstram um potencial antioxidante e adquirem uma

importância significativa ao consideramos que este fruto é consumido habitualmente na dieta, além da possibilidade de existir um sinergismo com outros nutrientes.

5. Conclusão

Nossos experimentos indicam que o extrato aquoso de pequi, na proporção testada 4 g/dL, exibiu forte atividade antioxidante *in vitro e ex vivo*, variável conforme a metodologia utilizada, o que demonstra a importância da realização de mais de um tipo de análise para que se tenha uma maior confiabilidade dos resultados. Em acréscimo, a eficiência da extração dos compostos fenólicos em água é interessante, pois vai ao encontro dos preceitos da química verde.

Frente a isso, podemos considerá-lo como uma matéria-prima potencial de antioxidante natural, com propriedades comerciais, que lança luz à possíveis aplicações tecnológicas e funcionais exploráveis, além de consequente ampliação dos seus usos, favorecendo o desenvolvimento econômico e social. Ademais, acreditamos que tais resultados são encorajadores para testes futuros, tais quais o ensaio competitivo - capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC); a atividade redutora de metal - o poder antioxidante redutor férrico (FRAP); a inibição da nitração de tirosinas; identificação dos fenólicos ativos, além de estudos complementares *in vivo* para comprovar a ação da ingestão do pequi por mamíferos, na concentração habitualmente consumida por humanos.

Referências

Alam, M. N., Bristi, N. J., & Rafiqzaman, M. (2013). Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>.

Alara, O. R., Mudalip, S. K. A., Abdurahman, N. H., Mahmoud, M. S., & Obanijesu, E. O. (2019). Data on parametric influence of microwave-assisted extraction on the recovery yield, total phenolic content and antioxidant activity of *Phaleria macrocarpa* fruit peel extract. *Chemical Data Collections*, 24(1), 100277-100284. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2019.100277>.

Albuquerque, M. A. C., Levit, R., Beres, C., Bedani, R., Leblanc, A. M., Saad, S. M. I., & Leblanc, J. G. (2019). Tropical fruit by-products water extracts as sources of soluble fibres and phenolic compounds with potential antioxidant, anti-inflammatory, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 52(1), 724-733. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.002>.

Alves, A. M., Fernandes, D. C., Sousa, A. G. O., Naves, R. V., & Naves, M. M. V. N. (2014). Características físicas e nutricionais de pequis oriundos dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(3), 198-203. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.6013>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v17n3/03.pdf>.

Amiano, P., Molina-Montes, E., Molinuevo, A., Huerta, J.-M., Romaguera, D., Gracia, E., Martín, V., Castaño-Vinyals, G., Pérez-Gómez, B., Moreno, V., Castilha, J., Gómez-Acebo, I., Jiménez-Moleón, J. J., Fernández-Tardón, G., Chirlaque, M. D., Capelo, R., Salas, L., Azpiri, M., Fernández-Villa, T., Bessa, X., Aragonés, N., Obón-Santacana, M., Guevara, M., Dierssen-Sotos, T., Barrios-Rodríguez, R., Molina de la Torre, A. J., Vega, A.-B., Pollán, M., Kogevinas, M., & Sánchez, M. J. Association study of dietary non-enzymatic antioxidant capacity (NEAC) and colorectal cancer risk in the Spanish Multicase–Control Cancer (MCC-Spain) study. *European Journal of Nutrition*, 58(6), 2229-2242. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1773-3>.

Annadurai, P., Annadurai, V., Yongkun, M., Pugazhendhi, A., & Dhandayuthapani, K. (2021). Phytochemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Plecosperrum spinosum* Trecul. *Process Biochemistry*, 100(1), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.09.031>.

Barreto, G. P. M., Benassi, M. T., & Mercadante, A. Z. (2009). Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20(10), 1856-1861. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532009001000013>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/jbchs/v20n10/13.pdf>.

Bjørklund, G., & Chirumbolo, S. (2017). Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health. *Nutrition*, 33(1), 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.07.018>.

Braham, F., Carvalho, D. O., Almeida, C. M. R., Zaidi, F., Magalhães, J. M. C., Guido, L. F., & Gonçalves, M.P. (2020). Online HPLC-DPPH screening method for evaluation of radical scavenging phenols extracted from *Moringa oleifera* leaves. *South African Journal of Botany*, 129(1), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.04.001>.

Brandão, M., Laca-Buendía, J. P., & Macedo, J. F. (2002). *Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte. EPAMIG.

Cardoso, L. M., Reis, B. L., Hamacek, F. R., & Sant'ana, H. M. P. (2012). Chemical characteristics and bioactive compounds of cooked pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) from the Brazilian Savannah. *Fruits*, 68(1), 3-14. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012047>.

Chen, G., Fan, M.-X., Wu, J.-L., Li, N., & Guo, M. (2019). Antioxidant and anti-inflammatory properties of flavonoids from lotus plumule. *Food Chemistry*, 277(1), 706-712. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.040>.

Faleiro, F. G., & Farias-Neto, A. L. (2008). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina: EMBRAPA.

Gobbo-Neto, L., & Lopes, N. P. (2007). Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30(2), 374-381. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/25.pdf>.

Goyal, M. R., & Suleria, H. A. R. (2019). *Human health benefits of plant bioactive compounds: potentials and prospects*. Florida: Apple Academic Press.

Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., & Okuda T. (1988). Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*, 36(6), 2090-2097. <https://doi.org/10.1248/cpb.36.2090>.

Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225(1), 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027>.

Leonard, B., & Maes, M. (2012). Mechanistic explanations how cell-mediated immune activation, inflammation and oxidative and nitrosative stress pathways and their sequels and concomitants play a role in the pathophysiology of unipolar depression. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 764-785. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.12.005>.

Lima, A. R., Barbosa, V. C., Santos Filho, P. R., & Gouvêa, C. M. C. P. (2006). Avaliação *in vitro* da atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico de folhas de bardana. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(4), 531-536. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbfar/v16n4/a16v16n4.pdf>.

Lima, A., Silva, A. M. O., Trindade, R. A., Torres, R. P., & Mancini-Filho, J. (2007). Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 695-698. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300052>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n3/a52v29n3.pdf>.

Machado, M. T. C., Mello, B. C. B., & Hubinger, M. D. (2015). Evaluation of pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) aqueous extract quality processed by membranes. *Food and Bioproducts Processing*, 95(1), 304-312. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.10.013>.

Matos, F. J. A. (2007). *Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil*. (3a ed.), Fortaleza: Imprensa Universitária.

Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G., & Nascimento, R. J. (2008) Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44(2), 193-201. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbcf/v44n2/a05.pdf>.

Meza, A., Rojas, P., Cely-Veloza, W., Guerrero-Perilla, C., & Coy-Barrera, E. (2020). Variation of isoflavone content and DPPH• scavenging capacity of phytohormone-treated seedlings after in vitro germination of cape broom (*Genista monspessulana*). *South African Journal of Botany*, 130(1), 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.006>.

Monteiro, S. S., Silva, R. R., Martins, S. C., Barin, J. S., & Rosa, C. S. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of pequi peel (*Caryocar brasiliense* Camb.). *International Food Research Journal*, 22(5), 1985-1992. Recuperado de [http://ifrj.upm.edu.my/22%20\(05\)%202015/\(36\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/22%20(05)%202015/(36).pdf).

Morais, M. L., Silva, A. C. R., Araújo, C. R. R., Esteves, E. A., & Dessimoni-Pinto, N. A. V. (2013). Determinação do potencial antioxidante *in vitro* de frutos do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 355-360. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000200004>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n2/04.pdf>.

Mwamatope, B., Tembo, D., Chikowe, I., Kampira, E., & Nyirenda, C. (2020). Total phenolic contents and antioxidant activity of *Senna singueana*, *Melia azedarach*, *Moringa oleifera* and *Lannea discolor* herbal plants. *Scientific African*, 9(1), 481-488. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00481>.

Nascimento, N. R. R., Mendes, N. S. R., & Silva, F. A. (2020). Nutritional composition and total phenolic compounds content of pequi pulp (*Caryocar brasiliense* Cambess.). *Journal of Bioenergy and Food Science*, 7(2), 1-10. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v7i2.281>.

Navajas-Porras, B., Pérez-Burillo, S., Morales-Pérez, J., Rufián-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2020). Relationship of quality parameters, antioxidant capacity and total phenolic content of EVOO with ripening state and olive variety. *Food Chemistry*, 325(1), 126926-126939. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126926>.

Neelam, A. K., & Krishna, K. S. (2019). Phenylpropanoids and its derivatives: biological activities and its role in food, pharmaceutical and cosmetic industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2655-2675. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1653822>.

Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2007). Natural Products as Sources of New Drugs over the Last 25 Years. *Journal of Natural Products*, 70(3), 461-477. <https://doi.org/10.1021/np068054v>.

Nieva-Rchevarría, B., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2017). Effect of liquid smoking on lipid hydrolysis and oxidation reactions during in vitro gastrointestinal digestion of European sea bass. *Food Research International*, 97(1), 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.032>.

Nowak, E., Livney, Y. D., Niu, Z., & Singh, H. (2019). Delivery of bioactives in food for optimal efficacy: what inspirations and insights can be gained from pharmaceuticals? *Trends in Food Science & Technology*, 91(1), 557-573. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.029>.

Oboh, G., & Henle, T. (2009). Antioxidant and inhibitory effects of aqueous extracts of *Salvia officinalis* leaves on pro-oxidant-induced lipid peroxidation in brain and liver *in vitro*. *Journal of Medicinal Food*, 12(1), 77-84. <https://doi.org/10.1089/jmf.2008.0007>.

Oliveira, M. N. S., Gusmão, E., Lopes, P. S. N., Simões, M. O. M., Ribeiro, L. M., & Dias, B. A. S. (2006) 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*, 28(3), 380-386. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000300010>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v28n3/10.pdf>.

Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*, 144(1), 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.039>.

Panagiotakos, D. B., Pitsavos, C., Chrysohoou, C., Kokkinos, P., Toutouzas, P., & Stefanadis, C. (2003). The J-Shaped effect of coffee consumption on the risk of developing acute coronary syndromes: The CARDIO 2000 case-control study. *Journal of Nutrition*, 133(10), 3228-3232. <https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3228>.

Paula-Junior, W., Rocha, F. H., Donatti, L., Fadel-Picheth, C. M.T., & Weffort-Santos, A. M. (2006). Leishmanicidal, antibacterial, and antioxidant activities of *Caryocar brasiliense*

Cambess leaves hydroethanolic extract. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(1), 625-630. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000500007>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbfar/v16s0/a07v16s0.pdf>.

Paz, J. G., Pacheco, P., Silva, C. O., & Pascoal, G. B. (2014). Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) *in natura*. *Linkania*, 8(1), 73-86. Recuperado de <http://linkania.org/master/article/view/156/106>.

Phuong, N. N. M., Le, T. T., Dang, M. Q., Van Camp, J., & Raes, K. (2020). Selection of extraction conditions of phenolic compounds from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel. *Food and Bioproducts Processing*, 122(1), 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.008>.

Ribeiro, D. M., Fernandes, D. C., Alves, A. M., & Naves, M. M. V. (2014). Carotenoids are related to the colour and lipid content of the pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp from the Brazilian Savanna. *Food Science and Technology*, 34(3), 507-512. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6369>. Recuperado de https://www.scielo.br/pdf/cta/v34n3/aop_cta_6369.pdf.

Roesler, R., Catharino, R. R., Malta, L. G., Eberlin, M. N., & Pastore, G. (2008). Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, 110(3), 711-717. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.048>.

Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., Holanda, R. B., Sousa, C. A. S., & Pastore, G. M. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência Tecnologia Alimentos*, 27(1), 53-60. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100010>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n1/09.pdf>.

Roginsky, V., & Lissi, E. A. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92(2), 235-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.004>.

Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2007). Identification and quantification of carotenoids, By HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5062-5072. <https://doi.org/10.1021/jf0705421>.

Sanches-Silva, A., Testai, L., Nabavi, S. F., Battino, M., Devi, K. P., Tejada, S., Sureda, A., Xu, S., Yousefi, B., Majidinia, M., Russo, G. L., Efferth, T., Nabavi, S. M., & Farzaei, M. H. (2020). Therapeutic potential of polyphenols in cardiovascular diseases: regulation of mtor signaling pathway. *Pharmacological Research*, 152(1), 104626-104636. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.104626>.

Sebio, R. M., Ferrarotti, N., Lairion, F., Magriñá, C. S., Fuda, J., Torti, H., Boveris, A., & Repetto, M. G. (2019). Brain oxidative stress in rat with chronic iron or copper overload. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 199(1), 110799-110806. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2019.110799>.

Shahidi, B., Sharifi, A., Nasiraie, L. R., Niakousari, M., & Ahmadi, M. (2020). Phenolic content and antioxidant activity of flixweed (*Descurainia sophia*) seeds extracts: ranking extraction systems based on fuzzy logic method. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16(1), 100245-100253. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100245>.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects a review. *Journal of Functional Foods*, 18(1), 820-897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.

Souza, T. J. T., Apel, M. A., Bordignon, S., Matzenbacher, N. I., Zuanazzi, J. A. S., & Henriques, A. T. (2007). Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. *Revista Brasileira Farmacognosia*, 17(3), 368-372. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000300011>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbfar/v17n3/10.pdf>.

Vasconcelos, S. M. L., Goulart, M. O. F., Moura, J. B. F. Manfredini, V. Benfato, M. S., & Kubota, L. T. (2007). Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua

determinação. *Química Nova*, 30(5), 1323-1338. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500046>. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a46v30n5.pdf>.

Winterbourn, C. C., Gutteridge, J. M., & Halliwell, B. (1985). Doxorubicin dependent lipid peroxidation at low partial pressures of O₂. *Journal of Free Radicals in Biology and Medicine*, 1(1), 43-49. [https://doi.org/10.1016/0748-5514\(85\)90028-5](https://doi.org/10.1016/0748-5514(85)90028-5).

Woisk, R. G., & Salatino, A. (1998). Analisis of própolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of Apicultural Research*, 37(2), 99-105. <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961>.

Yalavarthi, C., & Thiruvengadarajan V. S. (2016). A review on identification strategy of phyto constituents present in herbal plants. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 123-140.

Yen, G. C., & Chen, H. Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(1), 27-32. <https://doi.org/10.1021/jf00049a007>.

Zhang, X., Li, X., Su, M., Du, J., Zhou, H., Li, X., & Ye, Z. (2020). A comparative UPLC-Q-TOF/MS-based metabolomics approach for distinguishing peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) fruit cultivars with varying antioxidant activity. *Food Research International*, 137(1), 109531-109543. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109531>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ana Paula Ferreira Lima Denger – 20%

Livia de Oliveira Kawano – 20%

Ramon Alves de Oliveira Paula – 10%

Letícia Barbosa Santos – 10%

Maria Rita Rodrigues – 10%

Fernanda Borges de Araújo Paula – 10%

Stella Maris da Silveira Duarte – 20%