

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAS DA FAMÍLIA MYRTACEAE PELO MÉTODO DE DPPH: UMA REVISÃO DE LITERATURA

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF MYRTACEAE FAMILY BY DPPH METHOD: A REVIEW

DOI: 10.16891/2317-434X.v7.e2.a2019.pp325-338

Recebido em: 31.07.2019 | Aceito em: 27.08.2019

Deyzi Caroline da Silva Barbosa^a, Welson Vicente da Silva^b, Maria Tereza dos Santos Correia^a

*Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE^a
Bolsista de Iniciação Científica - Instituto Aggeu Magalhães - IAM/FIOCRUZ-PE^b*

RESUMO

O estresse oxidativo corresponde a um desequilíbrio entre agentes oxidantes e antioxidantes, que levam ao predomínio de espécies reativas de oxigênio, e como resultante podem provocar danos celulares e contribuir para o desenvolvimento de doenças e envelhecimento. Nesse contexto, os óleos essenciais (OEs) são uma mistura de compostos voláteis extraídos de plantas aromáticas que tem sido correlacionado ao efeito antioxidante. Diante disso, o estudo de OEs com princípio antioxidante é de grande importância, visto que podem ser um potencial para o desenvolvimento de formulações com finalidade terapêutica e atuar na prevenção do estresse oxidativo e os fatores correlacionados a ele. O presente estudo consiste numa revisão de literatura sobre o potencial antioxidante de OEs de espécies da família Myrtaceae avaliados pelo método de redução do radical 1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) e os componentes majoritários correlacionados a esta atividade biológica. Foram selecionados 16 artigos de acordo com os critérios de inclusão nas plataformas de banco de dados Pubmed, Science Direct e Google Scholar. Os OEs de espécies da família Myrtaceae abordado neste estudo apresentaram potencial antioxidante pelo método de DPPH

Palavras chave: Estresse Oxidativo; Produtos Naturais; Terpenos

ABSTRACT

Oxidative stress corresponds to an imbalance between oxidizing agents and antioxidants, which lead to the predominance of reactive oxygen species, as a result, can cause cellular damage and contribute to disease development and aging. In this context, essential oils (EOs) are a mixture of volatile compounds extracted from herbs that have been correlated with the antioxidant effect. Given this, the study of EOs with antioxidant principle is of great importance, since they can be a potential for the development of formulations for therapeutic purposes and to prevent oxidative stress and aging. The present study consists of a review paper on the antioxidant potential of EOs of species of the Myrtaceae family evaluated by the 1-diphenyl-2-picryl-hydrazine (DPPH) method and the major components correlated to oxidative inhibition. Sixteen articles were select according to the inclusion criteria in the Pubmed, Science Direct and Google Scholar database platforms. The EOs of species the Myrtaceae family addressed in this study showed antioxidant potential by the DPPH method.

Keywords: Oxidative Stress; Natural Products; Terpenes

INTRODUÇÃO

O estresse oxidativo pode estar envolvido em vários processos fisiopatológicos entre eles: o câncer (Chikara et al. 2018), doença de Parkinson (Monzani et al. 2019), doença de Alzheimer (Kim, et al. 2018), Síndromes metabólicas (Pignatelli, et al., 2018) e no envelhecimento precoce (Bondy & Campbell, 2016). A condição de estresse oxidativo trata-se da produção exacerbada de espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio (ERN) e fatores exógenos que podem ocasionar danos a homeostase do organismo, pelo desequilíbrio do sistema oxidante e antioxidante. Como consequência pode levar a alterações na estrutura e função de proteínas; danos ao DNA e peroxidação lipídica (Vasconcelos et al., 2007).

Os antioxidantes endógenos ao organismo como as enzimas catalase, superóxido dismutase e glutathione são alguns exemplos envolvidos na manutenção e equilíbrio da produção de agentes oxidantes. Essas proteínas atuam na proteção aos tecidos contra os danos causados pelas ERO e ERN (Singh et al., 2019; Jawed et al., 2019). Entretanto, quando ocorre a depleção do sistema antioxidante e excesso da produção de radicais oxidantes, se desenvolve o estresse oxidativo com manifestações clínicas através de doenças ou com a acentuação do processo de envelhecimento (Rahal et al., 2014).

Agentes antioxidantes atuam de maneira significativas na manutenção da saúde e proteção, e trazem benefícios restaurando o equilíbrio fisiológico e modulação das vias biológicas (Smeriglio et al., 2019). Essas moléculas são produzidas pelo organismo ou podem ser consumidos através da alimentação, com a ingestão de frutas e legumes. Desse modo, os produtos naturais têm sido relatados como uma ótima fonte antioxidante, entre eles destacam-se os OEs (Hafsa et al., 2016; Nascimento et al., 2018; Oliveira et al., 2019).

Os OEs constituem-se de uma mistura de compostos voláteis extraídos de plantas, que são obtidos de diferentes partes das plantas, como folhas, sementes, raízes, flores, galhos e frutos. Dentre a ampla variedade de compostos presentes nos OEs destacam-se os terpenos, principalmente os grupos sesquiterpenos e monoterpenos que têm sido correlacionados à diversas atividades

biológicas (Benny, A., & Thomas, J., 2018; Amaral et al., 2018; Farag et al., 2018).

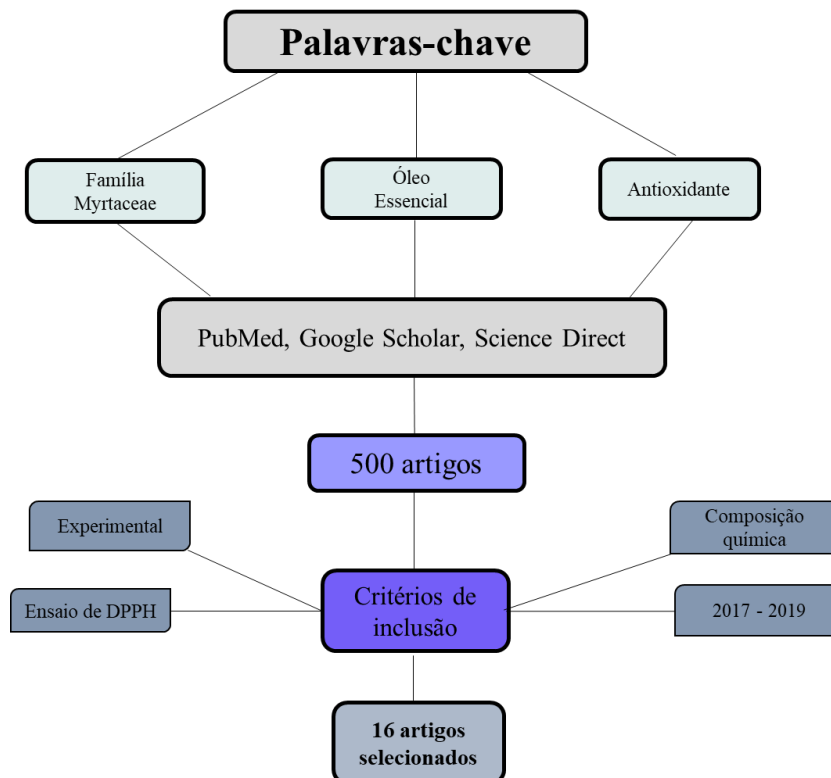
A família Myrtaceae abrange cerca 132 gêneros e 5.950 espécies, encontradas em regiões tropicais e subtropicais no mundo (Farag et al., 2018). É conhecida pelos seus OEs apresentarem propriedades aromáticas e medicinais, e frequentemente têm sido descritos em várias atividades biológicas (Bida et al., 2019), dentre as quais estão: a ação antibacteriana e anticâncer (Dias et al., 2019, Adnan, 2019); antiparasitário (Gevú et al., 2019); antimutagênico (Bugarin et al., 2014) e antioxidante (Singh et al., 2012; Fidelis, et al. 2018; Maggio et al., 2019; Ribeiro et al., 2019).

Vários métodos de análise *in vitro* têm sido utilizados com a finalidade de avaliar a capacidade antioxidante de produtos naturais de sequestrar radicais oxidantes (Bouzabata et al., 2016). Um dos ensaios mais comumente citados na literatura para análise de potenciais antioxidantes extraídos de plantas baseia na captura do radical 1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) que se destaca por ser um método vantajoso em fornecer um radical estável capaz de ser mensurável (Pires et al., 2017). Diante disso, o presente estudo de revisão teve por finalidade descrever a atividade antioxidante de OEs da família Myrtaceae avaliados com a utilização do reagente (DPPH) e os principais constituintes citados na descrição da composição química destes OEs.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente revisão foram realizados levantamentos de dados nas plataformas científicas PubMed, Science Direct e Google Scholar, conforme demonstra o esquema 1. Foram selecionados artigos em inglês, português e espanhol, entre o período de janeiro de 2017 a setembro de 2019, utilizando as palavras-chave: Myrtaceae; óleo essencial e antioxidante (descritores: família, classificação, estresse oxidativo), que estivessem dentro dos critérios de inclusão estabelecidos. Foram excluídos os artigos que não se tratavam da família Myrtaceae, óleo essencial, atividade antioxidante e avaliação pelo método de DPPH.

Esquema 1. Fluxograma de pesquisa em plataformas científicas



ESTRESSE OXIDATIVO E SEUS DANOS AO ORGANISMO

O estresse oxidativo corresponde a um desequilíbrio entre os mecanismos do sistema redox, denominados de “sinalização redox” e “controle redox”, que são vias de sinalização envolvidas com as funções desencadeadoras de danos e proteção, respectivamente (Filippin et al., 2008). O desequilíbrio entre agentes oxidantes e antioxidantes, em favor dos oxidantes, radicais livres por exemplo, tem sido alvo de estudos em várias áreas da pesquisa, dentre as quais estão química, bioquímica, fisiologia, patofisiologia, medicina e pesquisas em sobre doenças e saúde (Sies, 2015).

Os radicais livres são produzidos como resultado do metabolismo intracelular normal e encontram-se apresentados na tabela 1. Estes radicais são gerados nas mitocôndrias, peroxissomos e sistemas enzimáticos citosólico. Porém, fontes exógenas também podem estimular a produção de radicais livres, como a radiação ultravioleta, radiação ionizante, quimioterapias, citocinas inflamatórias e toxinas ambientais (resíduos de pesticidas, cigarros e aditivos químicos) (Rinnerthaler et al., 2015). O aparato antioxidante endógeno ao organismo como o sistema enzimático (catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase) e não-enzimático (glutathione e Vitaminas C, A, E) são responsáveis por neutralizar e regular os níveis de erro gerados mantendo o equilíbrio fisiológico (Sánchez-Valle & Méndez-Sánchez, 2018).

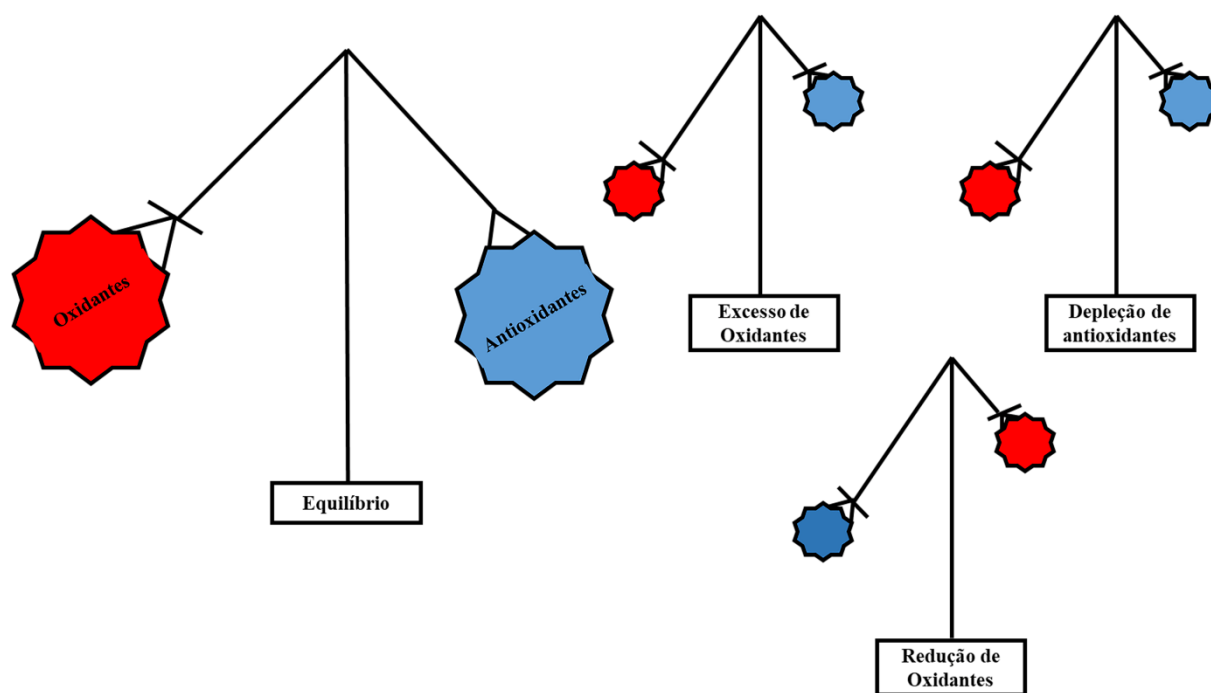
Tabela 1. Radicais Livres do Oxigênio e Nitrogênio

Radicais Livres	
O_2^-	Radical superóxido
O_2^{\cdot}	Oxigênio singlet
OH_2^-	Radical hiperóxido
OH^{\cdot}	Radical hidroxila
RO^{\cdot}	Alcoxila
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
NO^{\cdot}	Óxido nítrico
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
$ONOO^-$	Perinitrito

O excesso de oxidantes e/ou a depleção de antioxidantes pode provocar danos celulares e/ou morte celular, contribuir para o desenvolvimento de doenças e envelhecimento precoce. Em contrapartida, a redução dos

níveis de radicais oxidantes, abaixo dos valores homeostáticos interferem na resposta celular proliferativa celular e comprometimento do mecanismo de defesa do hospedeiro, figura 1 (Finkel & Holbrook, 2000).

Figura 1. Possíveis interações entre radicais oxidantes e antioxidante



ESPÉCIES VEGETAIS DA FAMÍLIA MYRTACEAE VERSUS ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

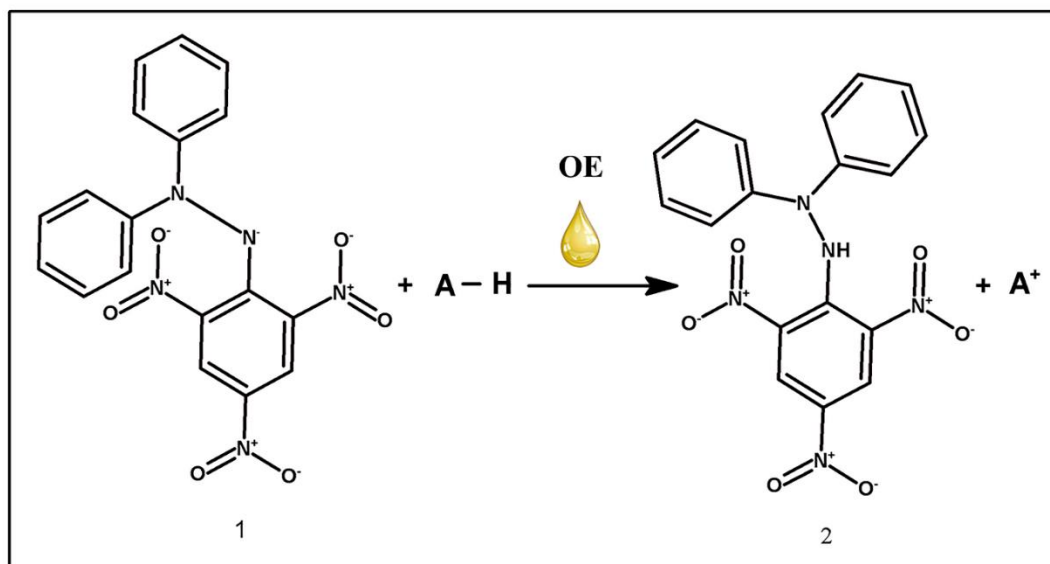
No processo de fotossíntese, as plantas são responsáveis pela absorção da radiação solar e por gerar altos níveis de oxigênio, resultante do seu metabolismo. Esse oxigênio é facilmente ativado em uma espécie tóxica e reativa pela radiação ultravioleta e calor da luz solar. Para sobreviver e combater esses radicais oxidantes (RO), esses organismos vegetais sintetizam os antioxidantes, que tem sido relatado pelos seus benefícios na produção de fitoquímicos com finalidade preventiva (Asif, 2015).

Metabólitos presentes em espécies vegetais têm sido relatado pelo seu potencial antioxidante, dentre os mais frequentemente citados estão os compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides (Silva et al., 2010). Estes componentes podem atuar como agentes redutores; doadores de elétrons ou hidrogênio; inibidores das formas reativas de oxigênio ou quelantes de metais. A avaliação da presença destes compostos em espécies botânicas utilizando métodos *in vitro* tornou-se algo bastante explorada nas últimas décadas (Granato et al., 2018).

MÉTODO DE DPPH

Um dos métodos mais citados para a avaliação *in vitro* da atividade antioxidante é o método de DPPH que se baseia na redução do radical oxidante utilizando a própria molécula que dá nome ao teste, o DPPH (*1*-difênil-2-picril-hidrazil). Trata-se de uma reação mudança de cor, na qual a solução reagente, cor violeta é convertida em amarelo, na presença de um antioxidante (Pires et al. 2017). Neste método, o reagente de DPPH fornece um radical oxidante, que na presença de um composto com potencial antioxidante ocorre a transferência de elétrons para o átomo de hidrogênio neutralizando o radical livre, conforme pode ser observado no esquema 2 (Tolba et al. 2018). O reagente é preparado utilizando etanol ou metanol como veículos de solubilização e misturado em concentração única ou várias diluições da amostra testada. Posteriormente, a solução é incubada por 20 a 30 minutos em temperatura ambiente e na ausência de luz e, em seguida, realiza-se a leitura por espectrofotometria (517 nm).

Esquema 2. Mecanismo da reação entre o reagente DPPH e OEs com potencial de transferência do átomo de hidrogênio. 1 – DPPH; 2 – DPPH-H.

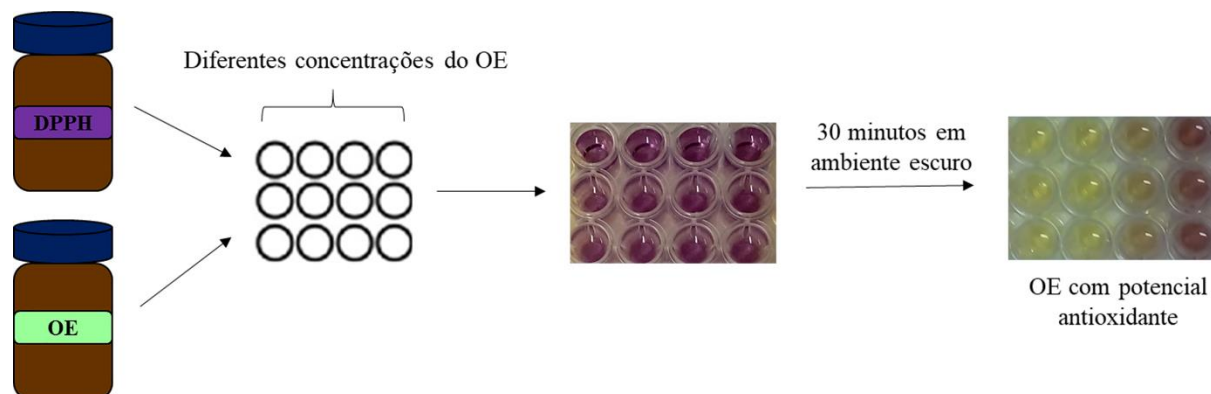


O percentual de sequestro do radical DPPH é calculado de acordo com a seguinte equação: $\% = \frac{Abs\ C - Abs\ A}{Abs\ C} \times 100$, onde Abs C = absorbância controle, Abs A = absorbância da amostra. A Abs C trata-se apenas

do reagente DPPH junto ao veículo utilizado para solubilizar e/ou diluir a amostra testada. Alguns controles positivos conhecidos pelo potencial de eliminação do radical são utilizados nos testes como padrão comparativo

de atividade, os mais comumente citados são ácido ascórbico, trolox, hidroxitolueno (BHT) e hidroxianisol butilado (BHA)

Figura 2. Metodologia de determinação do potencial antioxidante através do DPPH na avaliação da atividade antioxidante *in vitro*



ÓLEOS ESSENCIAIS DA FAMÍLIA MYRTACEAE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *in vitro*

Myrtaceae é uma das maiores famílias conhecida por suas espécies apresentarem potencial medicinal promissor e vários estudos relatam propriedades antioxidante desta família (Takao, Imatomi & Gualtieri, 2015; Scur et al., 2016; Musthafa et al., 2017; Carneiro et al., 2017; Donado-Pestana et al., 2018; Salmazzo et al., 2019). A composição química de OEs da família *Myrtaceae* é descrita por apresentar percentual significativo de terpenos, compostos que estão envolvidos no aroma e efeitos farmacológicos (Obiloma et al. 2019). Monoterpenos, diterpenos e sesquiterpenos fazem parte do grupo dos terpenos e estão presentes em composições químicas de OEs (Wu, Long & Kennelly, 2013; Cutillas et al., 2018; Tietboh et al., 2019). Outros grupos que também podem ser encontrados em OEs são álcoois, ácidos, ésteres, aldeídos, aminas e entre outros. Os 16 artigos selecionados

para compor a presente revisão sobre OEs da família *Myrtaceae* apresentaram como um dos métodos de avaliação da atividade antioxidante o DPPH.

Todos os OEs apresentaram em comum a extração pelo método de hidrodestilação e período de extração variando de 3 a 5 h. As análises das composições químicas foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS) e a atividade antioxidante das espécies foi demonstrada através do percentual de eliminação do radical oxidante ou pela determinação da concentração mínima capaz de inibir 50% dos radicais (IC_{50}) como demonstra a tabela 2. Os OEs de espécies da família *Myrtaceae* variaram de moderado a alto potencial antioxidante, com base nos padrões antioxidantes utilizados nos estudos (ácido ascórbico, trolox, BHT e BHA). O material vegetal mais utilizado para extração de EOs foram as folhas.

Tabela 2. Óleos essenciais de espécies da família *Myrtaceae* frente a atividade antioxidante pelo método de DPPH

Espécies	Parte utilizada	Componente Majoritário	DPPH	REF
<i>Eugenia egensis</i>	Partes aéreas	5-hidroxi-Z-Calameneno (35,8%)	% = 79,6 (216,5 mg TE/mL)	
<i>Eugenia flavescens</i>	Partes aéreas	E – Bisabolol (35%)	% = 45,1 (122,6 mg TE/mL)	<i>Silva et al. 2017</i>
<i>Eugenia patrisii</i>	Partes aéreas	2E,6E -Farnesol (34,5%)	% = 40,9% (111, 2 mg TE/mL)	
<i>Eugenia klotzschiana</i> Berg	Folhas e flores	Monoterpenos	IC ₅₀ = 29,77 µg/mL (Folhas <i>in natura</i>) IC ₅₀ = 6,48 µg/mL (Folhas secas sombra) IC ₅₀ = 7,61 µg/mL (Folhas secas em estufa) IC ₅₀ = 5,70 µg/mL (Flores)	<i>Carneiro et al. 2017</i>
<i>Melaleuca bracteata</i> F. Muell,	Folhas	Eugenol-metílico (82,3%)	IC ₅₀ = 37,3 µg/mL	

<i>Melaleuca fulgens</i> R.Br. <i>subsp. steedmani</i>	Folhas	Eugenol-metílico (87,8%)	IC ₅₀ = 37,8 µg/mL	<i>Siddique et al. 2017</i>
<i>Melaleuca leucaden dron</i> (L.) L.	Folhas	Eugenol-metílico (95,4%)	IC ₅₀ = 41,5 µg/mL	
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis)	Folhas	Eucaliptol (48,98 %)	IC ₅₀ = 1,49 mg/mL ⁻¹	<i>Larayetan et al. 2017</i>
	Flores	α-Eudesmol (12,93%)	IC ₅₀ = 1,13 mg/mL ⁻¹	
<i>Eucalyptus globulus</i>	Folhas	-	IC ₅₀ = 2,37 mg/ml	<i>Bouyahy et al. 2017</i>
<i>Myrtus communis</i>	Folhas	-	IC ₅₀ = 0,24 mg/ml	
<i>Syzygium aromaticum</i>	Tronco	Eugenol (56%)	% = 94,86 (484,7 µg/ml)	<i>Radunz et al. 2018</i>
<i>Corymbia citriodora</i>	Folhas	α-citronelal (56%)	IC ₅₀ = 6,1 µg/ml	<i>Salem et al. 2018</i>
<i>Eugenia uniflora</i>	Folhas*	Sequiterpenos (20,8 - 67,4%)	% = 30,3 - 45,1 (1000 µg/mL)	<i>Figueredo et al. 2018</i>
<i>Eugenia uniflora</i>	Folhas	Germacreno (13,57%)	% = 50 (100,96 µg/ml)	<i>Sviech et al. 2018</i>
<i>Melaleuca alternifolia</i>	-	γ-Terpineno (25,30%)	IC ₅₀ = 48,35 µg/ml	<i>Zhang et al. 2018</i>
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Folhas	1,8 cineol (31%)	% = 84,3 (100 µg/mL)	<i>Siddique et al. 2018</i>
<i>Myrtus communis</i> L.	Flores	α-pineno (35,20%)	IC ₅₀ = 5 µg/mL	<i>Hsouna et al. 2019</i>
	Folhas*	α-pineno (10,5- 57,9%)	IC ₅₀ = 71.4 - 241.7 µg/mL	<i>Maggio et al. 2019</i>

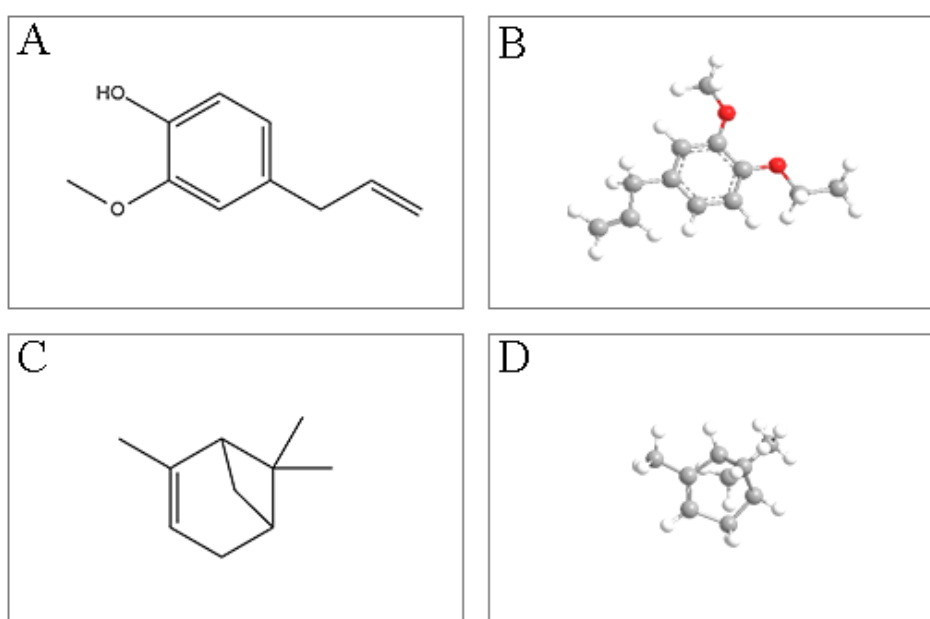
<i>Eugenia caryophyllus</i>	Parte da planta	Eugenol (76,86%)	% = 98,5 (1% v/v)	Azizkhan & Puramin, 2019
<i>Callistemon citrinus</i>	Folhas	Monoterpenos Oxigenados	IC ₅₀ = 1,40 mg/mL / 1,77 mg/mL	Gad et al. 2019
<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	Folhas**	-	IC ₅₀ = 0,86 mg/ml	Okoh et al. 2019
	Casca do caule**	-	IC ₅₀ = 0,27 mg/ml	
	Fruto***	-	IC ₅₀ = 0,96 mg/ml	
	Folhas***	-	IC ₅₀ = 0,72 mg/ml	
	Casca do caule ***	α-pineno (33.13%)	IC ₅₀ = 0,11 mg/ml	
<i>Algrizea minor</i>	Folha	β-Pineno (56.99%)	IC ₅₀ = 114,25 µg/mL	Veras et al. 2019

* - Coletada em diversas regiões; ** - Coletadas no Inverno; *** - Coletadas no verão

Diferentes compostos majoritários foram citados entre as composições dos OEs, no entanto, eugenol e α -pineno (figura 3) repetiram-se em espécies diferentes. A variação na composição química de espécies de uma mesma família pode ser justificada por fatores fisiológicos (tipo de material,

variação da sazonalidade, estímulo mecânico ou químico); ambientais (clima, estresse hídrico, pestes e fatores edáficos) entre outros, que podem interferir na composição e rendimento de OEs (Figueiredo, Barroso & Pedro, 2007).

Figura 3. Principais monoterpênos identificados na composição dos OEs de espécies da família *Myrtaceae* (A e B eugenol; C e D α – pineno)



Os monoterpênos foram os metabólitos secundários mais comumente citados entre as espécies da família *Myrtaceae*. Eles são formados naturalmente nas plantas pela condensação de duas unidades de isopreno e estão associados as mais diversas finalidades: fornecimento de sabor e fragrância aos alimentos, perfumes e outros produtos; destaque na indústria de inseticida, devido suas propriedades farmacológicas, entre elas a atividade antioxidante (Ashour, Wink & Gershenson, 2010; Kurti et al., 2019). O eugenol e α -pineno fazem parte do grupo dos monoterpênos e vários estudos com OEs de espécies vegetais de outras famílias relatam o potencial destes metabólitos na atividade antioxidante (Sontakke et al., 2019; Couto et al., 2019; Talón et al., 2019; Ray et al., 2019; Dhimi et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

OEs apresentam uma variedade de compostos responsáveis por seus aromas e atividades biológicas. Os monoterpênos foram o grupo majoritário mais comumente citado entre os artigos selecionados de espécies da família *Myrtaceae*. O método de DPPH é utilizado para avaliação da atividade antioxidante de produtos naturais, com destaque para os OEs e demonstra-se promissor na identificação de OEs com potencial antioxidante.

As espécies da família *Myrtaceae* retratadas nos estudos apresentarem capacidade moderada a alta na eliminação de radicais livres pelo método de DPPH. Sendo assim, os OEs de vegetais da família *Myrtaceae* merecem destaque devido ao potencial promissor para investigação de biomoléculas e produção de formulações com finalidade protetora contra o estresse oxidativo e envelhecimento precoce.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

REFERÊNCIAS

Adnan Mohan (2019). Bioactive potential of essential oil extracted from the leaves of *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 213-216.

Amaral et al. (2018). Essential oil yield and composition of native species of the Myrtaceae family from “Campos Gerais” of the Atlantic Forest in Parana State. *Ciência e Natura*, 40, e1. DOI:10.5902/2179460X27337

Asif, Mohammad (2015). Chemistry and antioxidant activity of plants containing some phenolic compounds. *Chemistry international*, 1(1), 35-52.

Ashour, M., Wink, M., & Gershenzon, J. (2018). Biochemistry of terpenoids: monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes. *Annual Plant Reviews online*, 258-303. DOI: doi.org/10.1002/9781119312994.apr0427

Azizkhani, M., & Puramin, S. (2019). Antioxidant Potential of *Eugenia caryophyllus*, *Satureja hortensis* and *Artemisia dracunculus* Essential Oils in Grape Seed Oil. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 13(2), 217-227. DOI:10.22059/ijvm.2019.266294.1004927

Badawy, M. E., Marei, G. I. K., Rabea, E. I., & Taktak, N. E. (2019). Antimicrobial and antioxidant activities of hydrocarbon and oxygenated monoterpenes against some foodborne pathogens through in vitro and in silico studies. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. DOI: 10.1016/j.pestbp.2019.05.008

Benny, A., & Thomas, J. (2019). Essential Oils as Treatment Strategy for Alzheimer ' s Disease: Current and Future Perspectives Authors. DOI:10.1055/a-0758-0188

Bida, M. R., Dominguez, J., Jones Miguel, D., Guerrero, A., & Pagano, T. (2019). Essential oil compounds from the leaf of *Eugenia samanensis* Alain (Myrtaceae), a species endemic to the Samaná Peninsula, Dominican Republic.

Journal of Essential Oil Research, 31(2), 154-159. DOI: 10.1080/10412905.2018.1518275

Bondy, S. C., & Campbell, A. (Eds.). (2016). *Inflammation, aging, and oxidative stress*. Cham: Springer.

Bouyahya et al. (2017). In vitro screening of antibacterial and antioxidant activities of essential oils from four Moroccan medicinal plants. *Microbiology Research Journal International*, 4, 5.

Bouzabata et al. (2016). The Genus *Myrtus* L. in Algeria: composition and biological aspects of essential oils from *M. communis* and *M. nivellei*: a review. *Chemistry & biodiversity*, 13(6), 672-680.

Bugarin et al. (2014). Essential oil of *Eucalyptus gunnii* Hook. as a novel source of antioxidant, antimutagenic and antibacterial agents. *Molecules*, 19(11), 19007-19020. DOI: 10.3390/molecules191119007

Carneiro et al. (2017). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 1907-1915. DOI: 10.1590/0001-3765201720160652

Chikara et al. (2018). Oxidative stress and dietary phytochemicals: Role in cancer chemoprevention and treatment. *Cancer Letters*, 413, 122-134.

Couto et al. (2019). Essential oils of basil chemotypes: Major compounds, binary mixtures, and antioxidant activity. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.04.078

Cutillas, A. B., Carrasco, A., Martinez-Gutierrez, R., Tomas, V., & Tudela, J. (2018). *Thymus mastichina* L. essential oils from Murcia (Spain): Composition and antioxidant, antienzymatic and antimicrobial bioactivities. *PLoS one*, 13(1), e0190790. DOI: 10.1371/journal.pone.0190790

Dhami et al. α -Pinene Rich Bark Essential Oils of *Zanthoxylum armatum* DC. from Three Different Altitudes of Uttarakhand, India and their Antioxidant, in vitro Anti-inflammatory and Antibacterial Activity. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(3), 660-674.

Dias et al. (2019). Chemical composition and in vitro antibacterial and antiproliferative activities of the essential oil from the leaves of *Psidium myrtilloides* O. Berg

(Myrtaceae). *Natural product research*, 33(17), 2566-2570. DOI: 10.1080/14786419.2018.1457664

Donado-Pestana et al. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current opinion in food science*, 19, 42-49. DOI: 10.1016/j.cofs.2018.01.001

Farag et al. (2018). Characterization of essential oils from Myrtaceae species using ATR-IR vibrational spectroscopy coupled to chemometrics. *Industrial crops and products*, 124, 870-877. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.07.066

Fidelis, M., et al. (2018). (2018). In vitro antioxidant and antihypertensive compounds from camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh, Myrtaceae) seed coat: A multivariate structure-activity study. *Food and chemical toxicology*, 120, 479-490.

Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2007). *Plantas Aromáticas e Medicinais. Factores que afectam a produção. Potencialidades e aplicações das plantas aromáticas e medicinais. Curso Teórico-Prático*, 3, 1-18.

Figueiredo et al. (2019). Composition, antioxidant capacity and cytotoxic activity of *Eugenia uniflora* L. chemotype-oils from the Amazon. *Journal of ethnopharmacology*, 232, 30-38. DOI: 10.1016/j.jep.2018.12.011

Filippin, L. I., Vercelino, R., Marroni, N. A. P., & Xavier, R. M. (2008). Influência de processos redox na resposta inflamatória da artrite reumatóide. *Revista brasileira de reumatologia. Campinas*. Vol. 48, n. 1 (jan. 2008), p. 17-24.

Finkel, T., & Holbrook, N. J. (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *nature*, 408(6809), 239.

Gad, H. A., Ayoub, I. M., & Wink, M. (2019). Phytochemical profiling and seasonal variation of essential oils of three *Callistemon* species cultivated in Egypt. *PloS one*, 14(7), e0219571. DOI: 10.1371/journal.pone.0219571

Gevú et al. (2019). Chemical Composition and Anti-Candida and Anti-Trypanosoma cruzi Activities of Essential Oils from the Rhizomes and Leaves of Brazilian Species of *Renealmia* L. fil. *Records of natural products*, 13(3), 268-280. DOI: 10.25135/rnp.105.18.08.125

Gonzalez-Burgos, E., & Gomez-Serranillos, M. P. (2012). Terpene compounds in nature: a review of their potential antioxidant activity. *Current medicinal chemistry*, 19(31), 5319-5341.

Granato et al. (2018). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: Should we ban in vitro screening methods?. *Food chemistry*, 264, 471-475. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.012

Hafsa et al. (2016). Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films containing *Eucalyptus globulus* essential oil. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 356-364. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.050

Hsouna et al. (2019). Chemical composition and hepatoprotective effect of essential oil from *Myrtus communis* L. flowers against CCL 4-induced acute hepatotoxicity in rats. *RSC advances*, 9(7), 3777-3787. DOI:10.1039/c8ra08204a

Jawed, H., Shamim, M., Sohail, S., Firdous, U., & Iqbal Khan, N. (2019). Antioxidative activity of clove (*syzygium aromaticum*) oil administration in Middle cerebral artery occlusion (mcao) Models of acute focal cerebral ischemia. *Pakistan Journal of Neurological Sciences (PJNS)*, 14(1), 10-15.

Kim, G. H., Kim, J. E., Rhie, S. J., & Yoon, S. (2015). The role of oxidative stress in neurodegenerative diseases. *Experimental neurobiology*, 24(4), 325-340. DOI: 10.5607/en.2015.24.4.325

Kurti et al. (2019). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oils of different *Pinus* species from Kosovo. *Journal of Essential Oil Research*, 31(4), 263-275. DOI: 10.1080/10412905.2019.1584591

Larayetan, R. A., Okoh, O. O., Sadimenko, A., & Okoh, A. I. (2017). Terpene constituents of the aerial parts, phenolic content, antibacterial potential, free radical scavenging and antioxidant activity of *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels (Myrtaceae) from Eastern Cape Province of South Africa. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 292. DOI 10.1186/s12906-017-1804-2

Maggio et al. (2019). Comparative chemical composition and bioactivity of leaves essential oils from nine Sicilian accessions of *Myrtus communis* L. *Journal of Essential Oil Research*, 1-10. DOI: 10.1080/10412905.2019.1610089

- Monzani et al. (2019). Dopamine, Oxidative Stress and Protein–Quinone Modifications in Parkinson's and Other Neurodegenerative Diseases. *Angewandte Chemie International Edition*, 58(20), 6512-6527.
- Musthafa, K. S., Sianglum, W., Saising, J., Lethongkam, S., & Voravuthikunchai, S. P. (2017). Evaluation of phytochemicals from medicinal plants of Myrtaceae family on virulence factor production by *Pseudomonas aeruginosa*. *Apmis*, 125(5), 482-490. DOI: 10.1111/apm.12672
- Nascimento et al. (2018). Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guineense* Sw. and spathulenol. *Journal of ethnopharmacology*, 210, 351-358. DOI: 10.1016/j.jep.2017.08.030
- Obiloma et al. (2019). Terpene-Rich Medicinal Plant Spices for Flavoring of Processed Tropical Food. *American Journal of Plant Sciences*, 10(04), 572. DOI: doi.org/10.4236/ajps.2019.104041
- Okoh, S. O., Okoh, O. O., & Okoh, A. I. (2019). Seasonal variation of volatile oil composition and antioxidant property of aerial parts of *Syzygium paniculatum* Gaertn. grown in the Eastern Cape, South Africa. *Natural product research*, 33(15), 2276-2280. DOI:10.1080/14786419.2018.1497032
- Oliveira et al. (2019). Antioxidant and antifungal activities of the flowers' essential oil of *Tagetes minuta*, (Z)-tagetone and thiotagetone. *Journal of Essential Oil Research*, 31(2), 160-169. DOI: 10.1080/10412905.2018.1519465
- Pignatelli, P., Menichelli, D., Pastori, D. e Violi, F. (2018). Estresse oxidativo e doença cardiovascular: novas idéias. *Kardiologia polska*, 76 (4), 713-722.
- Pires, J., Torres, P. B., Santos, D. Y. A. C., & Chow, F. (2017). Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Radünz et al. (2019). Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. *Food chemistry*, 276, 180-186. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.09.173
- Rahal et al. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed research international*, 2014. DOI:10.1155/2014/761264
- Ray et al. (2019). Chemical composition and antioxidant activities of essential oil of *Hedychium greenii* and *Hedychium gracile* from India. *Natural product research*, 33(10), 1482-1485. DOI: 0.1080/14786419.2017.1416384
- Ribeiro et al. (2019). *Myrciaria tenella* (DC.) O. Berg (Myrtaceae) Leaves as a Source of Antioxidant Compounds. *Antioxidants*, 8(8), 310.
- Rinnerthaler, M., Bischof, J., Streubel, M., Trost, A., & Richter, K. (2015). Oxidative stress in aging human skin. *Biomolecules*, 5(2), 545-589. DOI: 10.3390/biom5020545
- Salem et al. (2018). Bioactivity of essential oils extracted from *Cupressus macrocarpa* branchlets and *Corymbia citiodora* leaves grown in Egypt. *BMC complementary and alternative medicine*, 18(1), 23. DOI 10.1186/s12906-018-2085-0
- Salmazzo et al. (2019). Chemical composition and antiproliferative, antioxidant and trypanocidal activities of the fruits from *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg (Myrtaceae). *Natural product research*, 1-5. DOI: 10.1080/14786419.2019.1607333
- Sánchez-Valle, V., & Méndez-Sánchez, N. (2018). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Médica Sur*, 20(3), 161-168.
- Scur et al. (2016). Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil and different plant extracts of *Psidium cattleianum* Sabine. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1), 101-108. DOI: 10.1590/1519-6984.13714
- Siddique, S., Parveen, Z., & Mazhar, S. (2017). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oils from leaves of three *Melaleuca* species of Pakistani flora. *Arabian Journal of Chemistry*. DOI: 0.1016/j.arabjc.2017.01.018
- Siddique, S., Mazhar, S., & Parveen, Z. (2018). Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil from *Melaleuca quinquenervia* leaves.
- Sies, Helmunt (2015). Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox biology*, 4, 180-183. DOI: 10.1016/j.redox.2015.01.002

Silva, M. L. C., Costa, R. S., dos Santos Santana, A., & Koblitz, M. G. B. (2010). Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(3), 669-681.

Silva et al. (2017). Chemical composition of four essential oils of *Eugenia* from the Brazilian Amazon and their cytotoxic and antioxidant activity. *Medicines*, 4(3), 51. DOI: 10.3390/medicines4030051

Silva et al. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon flexuosus* essential oils. *Ciência e Natura*, 40, 2. DOI: DOI:10.5902/2179460X27569

Singh et al. (2012). Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents. *LWT-Food science and Technology*, 48(2), 237-241. DOI:10.1016/j.lwt.2012.03.019

Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., & Kukreti, S. (2019). Oxidative stress: A key modulator in neurodegenerative diseases. *Molecules*, 24(8), 1583.

Smeriglio et al. (2019). Feijoa Fruit Peel: Micro-morphological Features, Evaluation of Phytochemical Profile, and Biological Properties of Its Essential Oil. *Antioxidants*, 8(8), 320. DOI: 10.3390/antiox8080320

Sontakke, M. D., Syed, H. M., Salve, R. V., & Shinde, E. M. (2019). Studies on antioxidant activity and characterization of essential oil extracted from *Cinnamomum zeylanicum* Bark.

Sviech et al. (2019). Biological activity of essential oil of pitanga (*Eugenia uniflora* L.) LEAVES. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 36(1).

Takao, L. K., Imatomi, M., & Gualtieri, S. C. J. (2015). Antioxidant activity and phenolic content of leaf infusions of Myrtaceae species from Cerrado (Brazilian Savanna). *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 948-952. DOI: 10.1590/1519-6984.03314

Talón, E., Vargas, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2019). Antioxidant starch-based films with encapsulated eugenol. Application to sunflower oil preservation. *LWT*, 108290. DOI:10.1016/j.lwt.2019.108290

Tietbohl et al. (2019). Green insecticide against Chagas disease: effects of essential oil from *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae) on the development of *Rhodnius prolixus* nymphs. *Journal of Essential Oil Research*, 1-11. DOI: 10.1080/10412905.2019.1631894

Tolba et al. (2018). Essential oil of Algerian *Eucalyptus citriodora*: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Nature & Technology*, (18), 19-27.

Vasconcelos et al. (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*.

Veras et al. (2019). *Algrizea* Minor Sobral, Faria & Proença (Myrteae, Myrtaceae): chemical composition, antinociceptive, antimicrobial and antioxidant activity of essential oil. *Natural product research*, 1-5. DOI: 10.1080/14786419.2019.1602832

Wu, S. B., Long, C., & Kennelly, E. J. (2013). Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. *Food Research International*, 54(1), 148-159. DOI:10.1016/j.foodres.2013.06.021