

NANOEMULSÕES DE ÓLEO DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA MART.) E SEU POTENCIAL NA TERAPIA ANTICÂNCER: REVISÃO INTEGRATIVA DOS MECANISMOS BIOLÓGICOS E PERSPECTIVAS NANOTECNOLÓGICAS

**AÇAÍ OIL NANOEMULSIONS AND THEIR POTENTIAL IN ANTICANCER
THERAPY: AN INTEGRATIVE REVIEW OF BIOLOGICAL MECHANISMS AND
NANOTECHNOLOGICAL PERSPECTIVES**

Ciências Exatas e da Terra • 31/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/785264466](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/785264466)

Milton Maia Filho¹

RESUMO

O câncer permanece entre as principais causas de morbidade e mortalidade no mundo, demandando o desenvolvimento contínuo de estratégias terapêuticas mais eficazes e menos tóxicas. Nesse contexto, compostos bioativos derivados de produtos naturais têm despertado crescente interesse científico devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antiproliferativas. O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), fruto nativo da Amazônia brasileira, apresenta elevada concentração de antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos e ácidos graxos insaturados, substâncias associadas a efeitos biológicos potencialmente relevantes na prevenção e no tratamento do câncer. Paralelamente, a nanotecnologia tem possibilitado o desenvolvimento de sistemas avançados de liberação, destacando-se as nanoemulsões pela capacidade de aumentar a estabilidade, a dispersibilidade e a biodisponibilidade de compostos lipofílicos. Esta revisão integrativa analisou criticamente evidências sobre o potencial anticâncer do açaí e sobre o emprego do óleo de açaí em sistemas nanoemulsionados. A literatura indica que constituintes do fruto podem modular estresse oxidativo, inflamação, proliferação celular, autofagia, apoptose e progressão tumoral. Evidências experimentais diretas também demonstram citotoxicidade seletiva em linhagens tumorais, redução de carcinogênese colorretal em modelos animais e atividade antitumoral de nanoemulsões de óleo de açaí empregadas em terapia fotodinâmica. Contudo, a maior parte dos achados permanece restrita a estudos *in vitro* e *in vivo*. Conclui-se que a associação entre óleo de açaí e sistemas nanoestruturados constitui abordagem promissora para investigação oncológica, mas não configura, no estágio atual, terapia anticâncer clinicamente validada. São necessários estudos de padronização, farmacocinética, toxicologia, biodistribuição e ensaios clínicos controlados.

Palavras-chave: câncer; açaí; *Euterpe oleracea*; nanoemulsões; nanotecnologia; terapia anticâncer.

ABSTRACT

Cancer remains one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, requiring the continuous development of more effective and less toxic therapeutic strategies. In this context, bioactive compounds derived from natural products have attracted increasing scientific interest because of their antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferative properties. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), a fruit native to the Brazilian Amazon, contains anthocyanins, flavonoids, phenolic acids, and unsaturated fatty acids associated with biological effects potentially relevant to cancer prevention and treatment. At the same time, nanotechnology has enabled advanced delivery systems, particularly nanoemulsions, which can improve the stability, dispersibility, and bioavailability of lipophilic compounds. This integrative review critically analyzed evidence regarding the anticancer potential of açaí and the incorporation of açaí oil into nanoemulsion systems. Available studies indicate that açaí constituents may modulate oxidative stress, inflammation, cell proliferation, autophagy, apoptosis, and tumor progression. Direct experimental evidence also includes selective cytotoxicity in malignant cell lines, attenuation of colorectal carcinogenesis in animal models, and antitumor activity of açaí-oil nanoemulsions used in photodynamic therapy. Nevertheless, most findings remain limited to *in vitro* and *in vivo* investigations. The association between açaí oil and nanostructured systems is therefore a promising research strategy, but it cannot currently be considered a clinically validated anticancer treatment. Standardization, pharmacokinetic, toxicological, biodistribution, and controlled clinical studies are required.

Keywords: cancer; açaí; Euterpe oleracea; nanoemulsions; nanotechnology; anticancer therapy.

1. INTRODUÇÃO

O câncer constitui um dos principais desafios contemporâneos da saúde pública. Estimativas globais referentes a 2022 indicaram aproximadamente 20 milhões de novos casos e 9,7 milhões de óbitos, com projeção de aumento expressivo da carga da doença nas próximas décadas em decorrência do crescimento e envelhecimento populacional, das transições epidemiológicas e da distribuição desigual de fatores de risco.^{1,2}

Apesar dos avanços obtidos com cirurgia, radioterapia, quimioterapia, terapias-alvo e imunoterapia, persistem limitações relacionadas à toxicidade sistêmica, resistência farmacológica, heterogeneidade tumoral, recorrência e acesso desigual às tecnologias terapêuticas. A compreensão contemporânea do câncer como conjunto de doenças dinâmicas, sustentadas por múltiplas capacidades biológicas adquiridas, reforça a necessidade de estratégias capazes de atuar sobre diferentes mecanismos celulares e sobre o microambiente tumoral.^{3,4}

Produtos naturais constituem fonte histórica de moléculas farmacologicamente ativas e continuam relevantes para a descoberta de fármacos. Polifenóis, antocianinas, flavonoides e lipídios bioativos vêm sendo investigados não apenas por sua capacidade de neutralizar espécies reativas, mas também por efeitos sobre sinalização inflamatória, controle do ciclo celular, morte celular programada, angiogênese e resposta imune.⁵⁻⁷ Entretanto, atividade biológica em extratos ou modelos experimentais não

equivale automaticamente a eficácia clínica, sendo indispensável considerar dose, metabolismo, biodisponibilidade, composição da matriz e segurança.

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), palmeira da família Arecaceae amplamente distribuída na Amazônia, apresenta polpa e sementes com composição química complexa. Entre os constituintes mais estudados encontram-se cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutinosídeo, outros compostos fenólicos, proantocianidinas, lignanas e ácidos graxos, especialmente oleico, palmítico e linoleico.⁸⁻¹² Essa diversidade fundamenta investigações sobre propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, metabólicas e antineoplásicas.

Estudos experimentais relataram redução de viabilidade em células MCF-7, alteração de marcadores de autofagia, inibição de focos de criptas aberrantes e atenuação de carcinogênese colorretal em modelos animais.¹³⁻¹⁶ Trabalhos mais recentes com óleo de semente de açaí também observaram citotoxicidade em células de adenocarcinoma colorretal.¹⁷ Esses resultados são biologicamente relevantes, mas heterogêneos quanto à matéria-prima, método de extração, concentração, modelo experimental e desfecho, o que restringe generalizações.

Paralelamente, a nanotecnologia farmacêutica oferece plataformas capazes de melhorar dispersão aquosa, proteção contra degradação, absorção, liberação e distribuição de compostos pouco solúveis. Nanoemulsões são dispersões de duas fases líquidas imiscíveis, estabilizadas por tensoativos, com gotículas em escala nanométrica.¹⁸⁻²¹ Sua utilização em oncologia tem sido investigada para transporte de fármacos, agentes de imagem e

fotossensibilizadores, por vias passivas ou ativas de direcionamento.²²⁻²⁶

A aplicação mais diretamente relacionada ao tema foi descrita em estudo de terapia fotodinâmica mediada por nanoemulsão de óleo de açaí, no qual se observou redução tumoral em modelo murino.²⁷ Estudos posteriores demonstraram viabilidade tecnológica de nanoemulsões formuladas com óleo de semente de açaí e caracterizaram propriedades antioxidantes, antimicrobianas ou anti-inflamatórias.²⁸ Ainda assim, inexistem evidências clínicas robustas que permitam afirmar eficácia oncológica em humanos.

Diante disso, esta revisão integrativa objetiva analisar criticamente as evidências sobre os mecanismos biológicos potencialmente anticâncer do açaí, as propriedades farmacotécnicas das nanoemulsões e as perspectivas translacionais da incorporação do óleo de açaí em sistemas nanoestruturados, distinguindo resultados experimentais, plausibilidade mecanística e aplicação clínica comprovada.

2. METODOLOGIA

O estudo foi delineado como revisão integrativa da literatura, de natureza qualitativa e exploratória. A revisão integrativa permite reunir resultados provenientes de delineamentos distintos, desde que a pergunta de pesquisa, a busca, a avaliação dos dados, a análise e a apresentação sejam conduzidas de forma explícita e crítica.²⁹⁻³¹

A pergunta norteadora foi: quais evidências científicas sustentam o potencial anticâncer dos compostos bioativos do açaí e quais

vantagens, limitações e perspectivas decorrem da incorporação do óleo de açaí em nanoemulsões para aplicações oncológicas?

Foram consideradas as bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Google Scholar. Empregaram-se, em português e inglês, combinações dos termos “Euterpe oleracea”, “açaí” ou “acai”, “oil”, “seed oil”, “anthocyanins”, “phenolic compounds”, “cancer”, “antineoplastic”, “cytotoxicity”, “nanoemulsion”, “nanotechnology”, “drug delivery” e “photodynamic therapy”, combinados por AND e OR. A busca priorizou publicações revisadas por pares e disponíveis até julho de 2026.

Foram elegíveis estudos originais in vitro e in vivo, ensaios clínicos, revisões de escopo amplo, revisões metodológicas e estudos de desenvolvimento ou caracterização de nanoemulsões relacionados ao açaí, a compostos bioativos e à oncologia. Excluíram-se duplicatas, trabalhos sem aderência temática, textos exclusivamente comerciais, publicações sem dados suficientes para identificação bibliográfica e estudos que tratavam de outras espécies vegetais sem relação analítica com o objeto.

A extração foi organizada em matriz temática contendo: tipo de matéria-prima, composição ou marcador químico, modelo experimental, desfecho biológico, características da nanoformulação, potencial aplicação, limitações e nível de evidência. A síntese foi narrativa e crítica. Não se realizou metanálise, pois os estudos apresentaram grande heterogeneidade de formulações, concentrações, modelos e desfechos.

Por se tratar de revisão integrativa e não de revisão sistemática de intervenção, não se afirma adesão integral ao PRISMA. Os princípios

de transparência e rastreabilidade foram adotados como orientação geral, sem substituir os requisitos formais próprios de revisões sistemáticas.³²

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Fitoquímica e Propriedades Biológicas do Açaí

A composição do açaí varia conforme origem geográfica, estágio de maturação, processamento, fração analisada e método de extração. Estudos clássicos identificaram elevada capacidade antioxidante na polpa liofilizada e documentaram antocianinas, proantocianidinas e outros fenólicos.^{8,9} Investigações posteriores confirmaram que amostras comerciais e frutos de diferentes origens exibem perfis quantitativos distintos, razão pela qual a expressão genérica “extrato de açaí” não representa produto farmacologicamente uniforme.¹⁰⁻¹²

As antocianinas mais frequentemente relatadas são cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo. Além da ação redutora em ensaios químicos, essas moléculas podem modular enzimas antioxidantes, fatores de transcrição e vias inflamatórias. Estudos celulares demonstraram atenuação de sinalização inflamatória em micróglia e proteção contra diferentes estressores oxidativos.^{33,34} Tais efeitos sustentam plausibilidade biológica, mas a concentração alcançada em tecidos humanos após ingestão é geralmente inferior à utilizada em muitos ensaios in vitro.

O perfil lipídico do óleo de açaí, rico em ácido oleico e contendo ácidos palmítico e linoleico, favorece seu emprego como fase oleosa de sistemas dispersos. Porém, a composição lipídica isoladamente não permite atribuir efeito anticâncer. A atividade depende da

presença e estabilidade de constituintes menores, da dose, da interação com tensoativos e da capacidade de alcançar o compartimento biológico de interesse.

A inflamação crônica participa da promoção tumoral por favorecer proliferação, angiogênese, remodelamento do tecido e imunossupressão.^{3,4} Evidências com açaí sugerem redução de mediadores como NF- κ B, TNF- α , IL-6 e enzimas relacionadas à resposta inflamatória, embora os resultados dependam do modelo e da preparação.^{5,33,35} A interpretação deve evitar a noção simplista de que todo antioxidante ou anti-inflamatório é necessariamente antineoplásico.

3.2. Evidências do Potencial Anticâncer

A evidência anticâncer direta para açaí é predominantemente pré-clínica. Em linhagens malignas, extratos de casca, semente e fruto total reduziram a viabilidade de células MCF-7; o estudo identificou vacúolos autofágicos e aumento de LC3B-II, sem demonstração de apoptose mediada por caspases.¹³ Esse resultado é importante porque indica que diferentes formas de morte ou estresse celular podem estar envolvidas e que não se deve atribuir apoptose quando ela não foi experimentalmente demonstrada.

Em carcinogênese de cólon induzida por 1,2-dimetil-hidrazina, suplementação com açaí reduziu lesões pré-neoplásicas e modulou marcadores relacionados à proliferação e ao estresse oxidativo.¹⁴ Em outro modelo de câncer colorretal associado à inflamação, a polpa liofilizada atenuou alterações carcinogênicas, enquanto estudos com azoximetano e dextrano sulfato de sódio relataram redução da tumorigenese.^{15,16} Em conjunto, esses trabalhos apoiam efeito

quimiopreventivo experimental, não tratamento curativo estabelecido.

O óleo de semente de açaí demonstrou efeito citotóxico em células de adenocarcinoma colorretal, com alterações de viabilidade e parâmetros celulares.¹⁷ A relevância translacional desse achado depende da caracterização química do lote, da seletividade em relação a células não tumorais, da exposição sistêmica possível e da confirmação in vivo.

Os mecanismos propostos incluem diminuição de espécies reativas, modulação de sinalização inflamatória, interferência no ciclo celular, autofagia, apoptose, migração e angiogênese. Contudo, a literatura não sustenta que todos esses mecanismos ocorram simultaneamente em cada formulação. A heterogeneidade dos extratos e modelos impede construir uma cadeia causal única.

Em termos clínicos, ensaios com açaí em humanos concentram-se principalmente em marcadores metabólicos, vasculares e oxidativos, e não em resposta tumoral.^{36,37} Assim, qualquer recomendação de uso oncológico deve ser evitada fora de pesquisa aprovada. O açaí como alimento não substitui cirurgia, radioterapia, quimioterapia, imunoterapia ou terapias-alvo.

3.3. Nanoemulsões Aplicadas à Oncologia

Nanoemulsões são sistemas cineticamente estáveis, mas termodinamicamente instáveis, formados por gotículas de óleo em água ou água em óleo estabilizadas por tensoativos. A faixa de tamanho não é absolutamente uniforme na literatura; muitos autores empregam valores inferiores a 200 nm, enquanto outros

admitem intervalos mais amplos.¹⁸⁻²¹ Essa distinção é importante para não confundir nanoemulsões com microemulsões, que são termodinamicamente estáveis e possuem organização diferente.

Na oncologia, as nanoemulsões podem solubilizar moléculas hidrofóbicas, proteger compostos contra degradação, modificar perfis de liberação e facilitar administração por diferentes vias.²²⁻²⁶ A superfície pode ser funcionalizada com ligantes para reconhecimento de receptores, embora o desempenho in vivo dependa de adsorção de proteínas, depuração pelo sistema mononuclear fagocitário, estabilidade após diluição e acesso ao tumor.

O acúmulo passivo por permeabilidade e retenção aumentadas foi durante anos apresentado como mecanismo central de direcionamento. Entretanto, sua magnitude é variável entre tumores, pacientes e modelos, e não deve ser assumida como garantia de seletividade.³⁸ O direcionamento ativo também não elimina exposição sistêmica; ele pode aumentar a interação celular após a partícula alcançar o tecido-alvo.

Entre os desafios translacionais estão escalonamento de produção, esterilidade, estabilidade física e química, concentração de tensoativos, compatibilidade sanguínea, toxicidade de excipientes, reprodutibilidade de lote, biodistribuição e requisitos regulatórios.^{22,24,25,39} A vantagem farmacotécnica deve, portanto, ser demonstrada comparativamente à forma livre e não apenas presumida pelo tamanho nanométrico.

3.4. Nanoemulsões de Óleo de Açaí

A nanoencapsulação do óleo de açaí busca aumentar sua dispersibilidade em meio aquoso, proteger componentes suscetíveis à oxidação e facilitar interação com superfícies biológicas. Estudos de formulação demonstram que parâmetros como razão óleo/tensoativo, método de homogeneização, tamanho de gotícula, índice de polidispersidade, potencial zeta, pH e estabilidade durante armazenamento determinam a qualidade do sistema.²⁸

A evidência antitumoral mais específica foi produzida em terapia fotodinâmica. Monge-Fuentes e colaboradores formularam nanoemulsão de óleo de açaí e observaram, após ativação luminosa, efeito fotodinâmico em modelos celulares e redução do volume tumoral em camundongos.²⁷ O achado não significa que o óleo de açaí isolado seja fotossensibilizador clinicamente aprovado; trata-se de estratégia experimental em que formulação, dose, luz, comprimento de onda e regime de aplicação são componentes inseparáveis.

O desenvolvimento de nanoemulsão com óleo de semente de açaí publicado em 2024 reforçou a viabilidade de utilização dessa matéria-prima como fase oleosa e descreveu propriedades físico-químicas e biológicas.²⁸ Entretanto, a formulação não pode ser automaticamente equiparada à nanoemulsão empregada em terapia fotodinâmica, pois óleo, processo, tensoativos e finalidade podem diferir.

Em perspectiva translacional, a nanoemulsão poderá funcionar como veículo de compostos do próprio óleo, como plataforma para coencapsulação de fármacos ou como componente de sistemas fotodinâmicos. Para cada finalidade será necessário estabelecer composição definida, mecanismo de ação, dose, estabilidade,

segurança e benefício comparativo. A literatura atual é promissora, porém insuficiente para uso terapêutico humano.

3.4.1. Síntese Integrativa das Evidências Experimentais

A análise integrada dos estudos incluídos nesta revisão demonstra convergência quanto ao potencial biológico dos compostos presentes no açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), especialmente das antocianinas, compostos fenólicos e da fração lipídica rica em ácidos graxos insaturados. Em diferentes modelos experimentais, foram observados efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, antiproliferativos e citotóxicos seletivos sobre linhagens tumorais, além da modulação de processos relacionados ao estresse oxidativo, à autofagia, à progressão tumoral e à carcinogênese colorretal.

No âmbito da nanotecnologia farmacêutica, as nanoemulsões de óleo de açaí mostraram-se plataformas promissoras para aumentar a estabilidade físico-química, a dispersibilidade em meio aquoso, a proteção contra degradação oxidativa e a biodisponibilidade de compostos lipofílicos. Estudos experimentais também demonstraram resultados favoráveis em sistemas de terapia fotodinâmica e em formulações destinadas à liberação controlada de agentes bioativos.

Entretanto, a interpretação crítica da literatura evidencia que tais benefícios permanecem fundamentados predominantemente em estudos *in vitro* e *in vivo*, inexistindo, até o presente momento, evidências clínicas robustas capazes de confirmar eficácia terapêutica em seres humanos. Dessa forma, os resultados atualmente disponíveis devem ser compreendidos como evidências pré-clínicas promissoras.

Essa síntese reforça que o maior potencial científico das nanoemulsões de óleo de açaí reside na integração entre os conhecimentos da biodiversidade amazônica, da nanotecnologia farmacêutica e da oncologia experimental.

3.5. Lacunas para a Translação Clínica das Nanoemulsões de Óleo de Açaí

Apesar dos resultados promissores observados em estudos experimentais envolvendo compostos bioativos do açaí e nanoemulsões formuladas a partir de seu óleo, a translação desses achados para aplicações clínicas permanece um desafio significativo. A literatura atualmente disponível demonstra predominância de investigações *in vitro* e modelos animais, existindo escassez de evidências capazes de sustentar aplicações terapêuticas em humanos.

Entre os principais obstáculos encontram-se a ausência de padronização dos extratos e óleos utilizados, a variabilidade dos métodos de obtenção das nanoemulsões, a limitada compreensão dos mecanismos farmacocinéticos e a insuficiência de estudos de biodistribuição e toxicidade de longo prazo.

A superação dessas lacunas exigirá abordagens translacionais integradas envolvendo caracterização química padronizada, validação pré-clínica multicêntrica, avaliação regulatória e ensaios clínicos controlados.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Pesquisas futuras devem priorizar padronização botânica e química da matéria-prima, definição do método de extração, identificação dos componentes ativos e estabelecimento de especificações de qualidade. A caracterização deve incluir tamanho médio, distribuição de tamanho, potencial zeta, morfologia, eficiência de incorporação, teor dos marcadores, reologia, estabilidade oxidativa e comportamento após diluição em fluidos biológicos.

Na etapa pré-clínica, são necessários estudos comparativos entre óleo livre, nanoemulsão vazia e nanoemulsão contendo óleo; avaliação em células tumorais e não tumorais; determinação de mecanismo; farmacocinética; biodistribuição; imunotoxicidade; genotoxicidade; toxicidade aguda e repetida. Para terapia fotodinâmica, devem ser padronizados dose, fluência, comprimento de onda, intervalo droga-luz e profundidade de ação.

A progressão para ensaios clínicos dependerá de fabricação sob boas práticas, documentação regulatória e demonstração de benefício plausível sobre alternativas existentes. Estudos iniciais devem concentrar-se em segurança e dose, sem promessas de cura ou substituição de terapias comprovadas.

4.1. Limitações da Revisão

Esta revisão apresenta limitações decorrentes da heterogeneidade dos estudos, da diversidade de extratos e óleos, da ausência de protocolos uniformes e da predominância de evidências pré-clínicas. A síntese narrativa não quantifica efeito agregado e está sujeita às limitações de indexação e disponibilidade das publicações.

Embora a busca tenha abrangido bases amplas, não se realizou dupla triagem independente nem avaliação formal de risco de viés

para cada desenho. Por essa razão, os resultados devem ser interpretados como mapeamento crítico do estado da evidência e não como estimativa definitiva de eficácia.

4.2. Biodiversidade Amazônica, Bioeconomia e Inovação Nanotecnológica

A Amazônia abriga uma das maiores reservas de biodiversidade do planeta, constituindo importante fonte de recursos biológicos com potencial aplicação farmacêutica, cosmética, alimentícia e biotecnológica. A incorporação de produtos naturais amazônicos em sistemas nanoestruturados representa uma convergência estratégica entre biodiversidade, inovação tecnológica e desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, o açaí destaca-se não apenas por sua relevância econômica e cultural para a região amazônica, mas também pelo potencial científico associado aos seus compostos bioativos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) constitui uma importante fonte de compostos fenólicos, antocianinas e lipídios bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antiproliferativas demonstradas em diversos modelos experimentais.

As nanoemulsões representam uma estratégia promissora para aumentar a estabilidade, a biodisponibilidade e a eficiência de entrega de compostos bioativos lipofílicos.

Conclui-se que as nanoemulsões de óleo de açaí representam uma plataforma nanotecnológica emergente e cientificamente

promissora para aplicações futuras em oncologia translacional. Contudo, sua evolução para aplicações terapêuticas dependerá da superação de importantes desafios científicos, regulatórios e clínicos relacionados à padronização, farmacocinética, biodistribuição, segurança e validação clínica.

A síntese das evidências apresentada nesta revisão demonstra que a associação entre os compostos bioativos do açaí e os sistemas nanoemulsionados representa uma das mais promissoras perspectivas da nanotecnologia aplicada à oncologia. Embora os resultados experimentais revelem avanços relevantes quanto aos mecanismos biológicos envolvidos, permanece indispensável a realização de estudos translacionais, farmacocinéticos, toxicológicos e ensaios clínicos controlados que permitam estabelecer, com segurança, sua eficácia terapêutica em humanos. Nesse contexto, a biodiversidade amazônica consolida-se como importante fonte de inovação científica, reforçando o potencial estratégico do açaí para o desenvolvimento de futuras plataformas nanotecnológicas de aplicação biomédica.

Dessa forma, o principal valor científico do campo, no estágio atual do conhecimento, reside na construção de bases experimentais sólidas capazes de transformar o potencial biológico dos recursos amazônicos em soluções terapêuticas seguras, eficazes e sustentáveis para a medicina do futuro.

DECLARAÇÕES

Conflito de interesses: o autor declara não haver conflito de interesses.

Financiamento: O autor declara que esta pesquisa não recebeu financiamento específico de agências públicas, comerciais ou sem fins lucrativos.

Contribuição do autor: Milton Maia Filho foi responsável pela concepção do estudo, busca bibliográfica, análise crítica da literatura, redação do manuscrito e revisão final.

Disponibilidade de dados: não se aplica; todos os dados analisados provêm de publicações citadas.

Aspectos éticos: por utilizar exclusivamente literatura publicada, o estudo não exigiu apreciação por comitê de ética em pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229-263.
2. Bray F, Laversanne M, Weiderpass E, Soerjomataram I. The ever-increasing importance of cancer as a leading cause of premature death worldwide. Cancer. 2021;127(16):3029-3030.
3. Hanahan D. Hallmarks Of Cancer: New Dimensions. Cancer Discov. 2022;12(1):31-46
4. Hanahan D, Weinberg Ra. Hallmarks Of Cancer: The Next Generation. Cell. 2011;144(5):646-674

5. Newman DJ, Cragg GM. Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 1981 to 2019. *J Nat Prod*. 2020;83(3):770-803.
6. George BP, Abrahamse H. A review on novel breast cancer therapies: photodynamic therapy and plant derived agent induced cell death mechanisms. *Anticancer Agents Med Chem*. 2016;16(7):793-801.
7. Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and potential health benefits. *Food Nutr Res*. 2017;61(1):1361779.
8. Schauss AG, Wu X, Prior RL, Ou B, Patel D, Huang D, Kababick JP. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (açaí). *J Agric Food Chem*. 2006;54(22):8598-8603.
9. Schauss AG, Wu X, Prior RL, Ou B, Huang D, Owens J, Agarwal A, Jensen GS, Hart AN, Shanbrom E. Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (açaí). *J Agric Food Chem*. 2006;54(22):8604-8610.
10. Carvalho AV, Silveira TFS, Mattietto RA, Oliveira M do S P, Godoy HT. Chemical composition and antioxidant capacity of açaí (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. *J Sci Food Agric*. 2017;97(5):1467-1474.
11. da Silveira JT, da Rosa APC, de Moraes MG, Victoria FN, Costa JAV. An integrative review of açaí (*Euterpe oleracea* and

Euterpe precatoria): traditional uses, phytochemical composition, market trends, and emerging applications. Food Res Int. 2023;173(Pt 1):113304.

12. Laurindo LF, Barbalho SM, Araújo AC, Guiguer EL, Mondal A, Bachtel G, et al. Açaí (Euterpe oleracea Mart.) in health and disease: a critical review. Nutrients. 2023;15(4):989.
13. Silva DF, Vidal FC, Santos D, Costa MC, Morgado-Díaz JA, do Desterro Soares Brandão Nascimento M. Cytotoxic effects of Euterpe oleracea Mart. in malignant cell lines. BMC Complement Altern Med. 2014;14:175.
14. Fragoso MF, Prado MG, Barbosa L, Rocha NS, Barbisan LF. Açaí (Euterpe oleracea Mart.) feeding attenuates dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. Food Chem Toxicol. 2013;58:68-76.
15. Fragoso MF, Romualdo GR, Ribeiro DA, Barbisan LF. Acai (Euterpe oleracea Mart.) reduces colorectal carcinogenesis in experimental models: biological effects and molecular mechanisms. Nutr Cancer. 2018;70(7):1172-1183.
16. Choi YJ, Choi YJ, Kim N, Nam RH, Lee S, Lee HS, et al. Açaí berries inhibit colon tumorigenesis in azoxymethane/dextran sulfate sodium-treated mice. Gut Liver. 2017;11(2):243-252.
17. da Silva MACN, Leal PC, Soares R, de Souza TP, et al. Açaí (Euterpe oleracea Mart.) seed oil exerts a cytotoxic role in colorectal adenocarcinoma cells. Molecules. 2023;28(14):5373.

18. Solans C, Izquierdo P, Nolla J, Azemar N, Garcia-Celma MJ. Nano-emulsions. *Curr Opin Colloid Interface Sci.* 2005;10(3-4):102-110.
19. Tadros T, Izquierdo P, Esquena J, Solans C. Formation and stability of nano-emulsions. *Adv Colloid Interface Sci.* 2004;108-109:303-318.
20. McClements DJ. Nanoemulsions Versus Microemulsions: Terminology, Differences, And Similarities. *Soft Matter.* 2012;8(6):1719-1729
21. Jaiswal M, Dudhe R, Sharma PK. Nanoemulsion: an advanced mode of drug delivery system. *3 Biotech.* 2015;5(2):123-127.
22. Ganta S, Talekar M, Singh A, Coleman TP, Amiji MM. Nanoemulsions in translational research-opportunities and challenges in targeted cancer therapy. *AAPS PharmSciTech.* 2014;15(3):694-708.
23. Sánchez-López E, Guerra M, Dias-Ferreira J, Lopez-Machado A, Ettcheto M, Cano A, et al. Current applications of nanoemulsions in cancer therapeutics. *Nanomaterials (Basel).* 2019;9(6):821.
24. He H, Lu Y, Qi J, Zhu Q, Chen Z, Wu W. Adapting lipids and nanoemulsions for anticancer applications. *Acta Pharm Sin B.* 2019;9(1):36-48.
25. Gorain B, Choudhury H, Nair AB, Dubey SK, Kesharwani P. Theranostic application of nanoemulsions in chemotherapy. *Drug Discov Today.* 2020;25(7):1174-1188.

26. Pandey M, Choudhury H, Gorain B, Tiong SQ, Wong TS, Chan YL, et al. Perspectives of nanoemulsion strategies in the improvement of oral, parenteral and transdermal chemotherapy. *Curr Pharm Biotechnol*. 2018;19(4):276-292.
27. Monge-Fuentes V, Muehlmann LA, de Azevedo RB. Photodynamic therapy mediated by açai oil (*Euterpe oleracea* Mart.) in nanoemulsion: a potential treatment for melanoma. *J Photochem Photobiol B*. 2017;166:301-310.
28. Borges KRA, et al. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seed oil and its nanoemulsion: physicochemical characterization and biological properties. *Plants (Basel)*. 2024;13(10):1370.
29. WHITTEMORE R, KNAFL K. THE INTEGRATIVE REVIEW: UPDATED METHODOLOGY. *J ADV NURS*. 2005;52(5):546-553
30. Hopia H, Latvala E, Liimatainen L. Reviewing the methodology of an integrative review. *Scand J Caring Sci*. 2016;30(4):662-669.
31. Kutcher AM, LeBaron VT. A simple guide for completing an integrative review using an example article. *J Prof Nurs*. 2022;40:13-19.
32. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.
33. Poulouse SM, Fisher DR, Larson J, Bielinski DF, Rimando AM, Carey AN, et al. Anthocyanin-rich açai fruit pulp fractions attenuate inflammatory stress signaling in mouse brain BV-2 microglial cells. *J Agric Food Chem*. 2012;60(4):1084-1093.

34. da Silva Santos V, Bisen-Hersh EB, Yu Y, Cabral IS, Nardini V, Culbreth M, et al. Anthocyanin-rich açai extract protects against manganese-induced oxidative stress in rat primary astrocyte cultures. *J Toxicol Environ Health A*. 2014;77(7):390-404.
35. de Almeida Magalhães TSS, de Oliveira Macedo PC, Converti A, Neves de Lima ÁA. The use of *Euterpe oleracea* Mart. as a new perspective for disease treatment and prevention. *Biomolecules*. 2020;10(6):813.
36. Barbosa PO, Pala D, Silva CT, de Souza MO, do Amaral JF, Vieira RAL, et al. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp dietary intake improves cellular antioxidant enzymes and biomarkers of serum in healthy women. *Nutrition*. 2016;32(6):674-680.
37. de Souza MO, Silva M, Silva ME, Oliveira RP, Pedrosa ML. Diet supplementation with açai pulp improves biomarkers of oxidative stress and the serum lipid profile in rats. *Nutrition*. 2010;26(7-8):804-810.
38. Danekar P, et al. The enhanced permeability and retention effect: a critical reappraisal for nanomedicine. *Nat Rev Mater*. 2022;7:754-772.
39. Anselmo AC, Mitragotri S. Nanoparticles in the clinic: an update. *Bioeng Transl Med*. 2019;4(3):e10143
40. Correia JH, Rodrigues JA, Pimenta S, Dong T, Yang Z. Photodynamic therapy review: principles, photosensitizers, applications, and future directions. *Pharmaceutics*. 2021;13(9):1332.

¹ Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (CCBN), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8656-5448>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).