

ÓLEOS ESSENCIAIS E NEOPLASIAS: EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS E PERSPECTIVAS NA QUIMIOPROFILAXIA E QUIMIOTERAPIA INTEGRATIVA

ESSENTIAL OILS AND NEOPLASMS: EXPERIMENTAL EVIDENCE AND PERSPECTIVES IN CHEMOPROPHYLLAXY AND INTEGRATIVE CHEMOTHERAPY

Nathanaela Honório Paulino Batista dos Santos

Resumo. As neoplasias constituem um importante problema de saúde pública, com impacto crescente na morbimortalidade, inclusive em regiões brasileiras como o Nordeste. Nesse contexto, estratégias terapêuticas complementares têm sido investigadas com o objetivo de ampliar a eficácia dos tratamentos convencionais e reduzir seus efeitos adversos. Os óleos essenciais, constituídos por metabólitos voláteis bioativos, vêm despertando interesse científico devido ao seu potencial anticarcinogênico e anticancerígeno. O presente estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas acerca da atuação dos óleos essenciais e de seus principais constituintes químicos na quimioprevenção e como estratégias complementares no tratamento das neoplasias. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, fundamentada em estudos experimentais in vitro e modelos animais in vivo que investigaram os mecanismos moleculares e celulares envolvidos na ação antineoplásica de óleos essenciais e de seus metabólitos bioativos. Os resultados indicam que monoterpenos e sesquiterpenos, como citral, α -bisabolol, d-limoneno, geraniol, β -elemene, trissulfeto de dialilo e perilol, apresentam capacidade de induzir apoptose, inibir a proliferação celular, modular vias de sinalização tumoral, interferir na angiogênese e potencializar a ação de quimioterápicos convencionais. Observa-se, ainda, seletividade citotóxica em modelos experimentais, com menor citotoxicidade em células não tumorais, aspecto que representa um potencial diferencial em relação às terapias citotóxicas tradicionais. Apesar dos achados promissores, as evidências disponíveis concentram-se predominantemente em estudos pré-clínicos, indicando a necessidade de ensaios clínicos controlados que avaliem a segurança, a eficácia, a dose, a via de administração e a aplicabilidade desses compostos na prática assistencial. Conclui-se que os óleos essenciais apresentam potencial como agentes complementares na oncologia integrativa, devendo seu uso ser considerado de forma criteriosa e respaldada por evidências científicas.

Palavras-chave: Aromaterapia; Carcinogênese; Apoptose; Produtos naturais; Oncologia integrativa.

Abstract. Neoplasms constitute a major public health challenge, with an increasing impact on morbidity and mortality, including in Brazilian regions such as the Northeast. In this context, complementary therapeutic strategies have been investigated to enhance the effectiveness of conventional treatments while reducing their adverse effects. Essential oils, natural compounds rich in bioactive volatile metabolites, have attracted growing scientific interest due to their anticarcinogenic and anticancer properties. This study aimed to analyze the scientific evidence regarding the role of essential oils and their major chemical constituents in cancer chemoprevention and integrative chemotherapy. This narrative integrative review was based on in vitro experimental studies and in vivo animal models investigating the molecular and cellular mechanisms underlying the antineoplastic activity of essential oils and their bioactive metabolites. The findings indicate that monoterpenes and sesquiterpenes, including citral, α -bisabolol, d-limonene, geraniol, β -elemene, diallyl trisulfide, and perillyl alcohol, are capable of inducing apoptosis, inhibiting cell proliferation, modulating tumor signaling pathways, interfering with angiogenesis, and enhancing the effects of conventional chemotherapeutic agents. Furthermore, selective cytotoxicity against tumor cells with reduced toxicity to normal cells has been observed in experimental models, representing a relevant advantage over traditional cytotoxic therapies. Despite these promising findings, the available evidence remains predominantly preclinical, highlighting the need for well-designed clinical trials to evaluate the safety, efficacy, dosage, route of administration, and clinical applicability of these compounds. It is concluded that essential oils have potential as complementary agents in integrative oncology and should be used cautiously and supported by robust scientific evidence.

Keywords: Aromatherapy; Carcinogenesis; Apoptosis. Natural Products; Integrative Oncology.

Curso de Enfermagem, Faculdade Nova Esperança (FACENE), João Pessoa, Paraíba, Brasil.

E-mail: nathanaelahonorio@gmail.com, 58068-330,

E-mail: nathanaelahonorio@gmail.com

CEP 58068-330, João Pessoa - PB, Brasil.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2299579461632953>

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-9667-6924>

INTRODUÇÃO

As neoplasias configuram-se como uma das principais causas de morbimortalidade em âmbito mundial, representando um desafio crescente para os sistemas de saúde¹. No Brasil, observa-se uma tendência de aumento progressivo da mortalidade por câncer, inclusive em estados do Nordeste, como a Paraíba, onde análises recentes indicam crescimento das taxas de óbito por neoplasias em ambos os sexos, com maior aumento entre as mulheres². Esse cenário reforça a necessidade de estratégias terapêuticas que não apenas ampliem a eficácia dos tratamentos convencionais, mas também contribuam para a redução de seus efeitos adversos e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes oncológicos.

A quimioterapia permanece como uma das principais modalidades terapêuticas no tratamento do câncer, baseando-se, majoritariamente, no uso de fármacos citotóxicos capazes de interferir no ciclo celular e induzir a morte das células tumorais³. Contudo, a baixa seletividade de alguns desses fármacos pode resultar em danos aos tecidos saudáveis, desencadeando efeitos adversos significativos, como imunossupressão, fadiga intensa, alterações hematológicas, lesões de mucosas e comprometimento do bem-estar físico e emocional⁴. Diante dessas limitações, tem-se ampliado o interesse por abordagens integrativas que possam atuar de forma complementar, com potencial para contribuir para a ação antineoplásica e minimizar os impactos adversos associados ao tratamento convencional⁵. Nesse contexto, os óleos essenciais destacam-se como misturas complexas de substâncias voláteis, compostas predominantemente por monoterpenos e sesquiterpenos, que apresentam diversas atividades biológicas de interesse terapêutico⁶.

Evidências experimentais demonstram que esses compostos apresentam mecanismos de ação distintos daqueles observados nos quimioterápicos clássicos, incluindo a modulação de vias de sinalização celular, a indução de apoptose, a interferência na angiogênese tumoral e o potencial de aumentar a resposta aos agentes quimioterápicos⁷. Além disso, alguns constituintes dos óleos essenciais apresentam menor toxicidade sobre células normais em determinados modelos experimentais, sugerindo um perfil terapêutico promissor para aplicações na oncologia integrativa⁸.

Em consonância com esse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas disponíveis acerca da atuação dos óleos essenciais e de seus principais constituintes químicos na quimioprevenção e como estratégias complementares à quimioterapia no tratamento das neoplasias⁹.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa, de natureza descritivo-analítica, com análise crítica da literatura científica, desenvolvida com o objetivo de reunir, analisar criticamente e sintetizar as evidências científicas disponíveis acerca do potencial anticarcinogênico e anticancerígeno dos óleos essenciais e de seus principais constituintes químicos, com ênfase em seu potencial de aplicação na quimioprevenção e como estratégia complementar à quimioterapia no tratamento das neoplasias¹⁰.

A revisão fundamentou-se na análise de estudos experimentais *in vitro*, estudos pré-clínicos *in vivo*, incluindo modelos animais com indução experimental de carcinogênese, e evidências clínicas disponíveis que investigaram os mecanismos moleculares, celulares e bioquímicos envolvidos na ação antineoplásica dos óleos essenciais e de seus principais constituintes químicos, especialmente monoterpenos e sesquiterpenos¹².

A busca bibliográfica contemplou publicações nacionais e internacionais indexadas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e ScienceDirect. Para a identificação dos estudos, foram utilizados descritores em português e inglês, selecionados a partir dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e dos Medical Subject Headings (MeSH), combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. As estratégias de busca incluíram combinações como “essential oils” AND cancer AND apoptosis; “essential oils” AND neoplasms AND “anticancer activity”; “essential oils” AND chemoprevention AND cancer; e “essential oils” AND “integrative oncology”.

Foram incluídos artigos originais, estudos experimentais *in vitro* e *in vivo*, revisões narrativas e revisões integrativas que abordassem os mecanismos anticarcinogênicos ou anticancerígenos dos óleos essenciais e de seus constituintes bioativos. Excepcionalmente, foram mantidos estudos publicados antes de 2019 quando considerados clássicos e indispensáveis à compreensão dos mecanismos moleculares discutidos.

Não foi estabelecido um recorte temporal fixo para a seleção dos estudos, considerando que esta revisão teve como objetivo reunir evidências científicas sobre o potencial antineoplásico dos óleos essenciais, abrangendo tanto estudos clássicos quanto publicações mais recentes. Foram incluídos artigos considerados fundamentais para a compreensão dos mecanismos moleculares e farmacológicos dos óleos essenciais e de seus principais constituintes químicos bioativos, bem como estudos contemporâneos que contribuíram para a atualização das evidências e do conhecimento científico acerca de suas aplicações na quimioprevenção e na oncologia integrativa. A seleção dos estudos baseou-se na relevância científica, na consistência metodológica e na adequação aos objetivos propostos. A análise dos estudos selecionados foi conduzida de forma crítica e comparativa, permitindo identificar mecanismos recorrentes de ação anticarcinogênica e anticancerígena, potenciais efeitos terapêuticos complementares e lacunas existentes na literatura científica¹⁶. Os resultados foram organizados de forma temática e discutidos à luz das evidências disponíveis, considerando as limitações inerentes ao delineamento de uma revisão narrativa.

Adicionalmente, foram utilizados dados secundários de mortalidade por neoplasias para contextualização epidemiológica do problema de pesquisa. As informações foram obtidas do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), disponibilizado pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), por meio da plataforma TABNET, considerando os óbitos por residência classificados no Capítulo II da Classificação Internacional de Doenças – 10ª Revisão (CID-10), correspondente às neoplasias (códigos C00–D48), no estado da Paraíba, no período de 2019 a 2024. Os dados foram estratificados por sexo, sendo utilizados dados finais até 2023 e dados preliminares para o ano de 2024. Para o cálculo das taxas de mortalidade, foram empregadas as projeções populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁸, utilizando-se a seguinte fórmula: Taxa de mortalidade = (Número de óbitos por neoplasias / População residente estimada) × 100.000 habitantes.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, com apresentação gráfica das tendências temporais e análise de tendência por meio de regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa de mortalidade e como variável independente o ano de ocorrência. Essa análise teve como finalidade subsidiar a contextualização epidemiológica do impacto das neoplasias no cenário regional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstram que os óleos essenciais e seus principais constituintes químicos apresentam um conjunto diversificado de mecanismos de ação anticarcinogênica e anticancerígena, atuando em diferentes etapas da carcinogênese e da progressão tumoral¹⁹. Esses efeitos envolvem, principalmente, a modulação do estresse oxidativo, a indução seletiva da apoptose, a inibição da proliferação celular, a interferência em vias de sinalização relacionadas à tumorigênese e a modulação da angiogênese, indicando um potencial de aplicação no contexto da oncologia integrativa²⁰.

Evidências experimentais do potencial antineoplásico dos óleos essenciais

A Tabela 1 sintetiza os principais compostos de óleos essenciais descritos na literatura científica com atividade antineoplásica, destacando sua classificação química, efeitos farmacológicos, modelos experimentais utilizados e referências correspondentes²¹. Observa-se que monoterpenos e sesquiterpenos constituem a classe predominante entre os compostos investigados, o que reforça a relevância desses metabólitos secundários no desenvolvimento de estratégias terapêuticas complementares.

TABELA 1 – Compostos de óleos essenciais com potencial antineoplásico, efeitos farmacológicos e modelos experimentais utilizados

Composto / Óleo essencial	Classificação química	Efeito antineoplásico	Modelo experimental	Referência
Citral	Monoterpeno	Indução da glutathione-S-transferase (GSTP1), ação anticarcinogênica; Indução de caspase-3 em linhagens tumorais – mecanismo ligado à apoptose/ação anticancerígena	Ratos (in vivo) e linhagens tumorais (in vitro)	Nakamura et al. (2003) Dudai et al. (2005)
α -Bisabolol	Álcool sesquiterpenoide	Indução seletiva de apoptose em células de glioma	Culturas celulares tumorais e modelos animais	Cavaliere et al. (2004)
β -Elemene	Hidrocarboneto sesquiterpeno	Aumento da sobrevivência em gliomas; indução de apoptose e efeito antitumoral em células de glioma/glioblastoma, associado à ativação da via p38 MAPK	Dados clínicos em pacientes; linhagens de células humanas de glioma/glioblastoma (in vitro)	Tan et al. (2000) Wang et al. (2005) Yaol et al. (2008)
Geraniol	Álcool monoterpenoide	Inibição de timidina sintase e timidina quinase; potencialização do 5-fluorouracil	Células de câncer de cólon e camundongos com xenoinxertos	Carne-secchia et al. (2004); Mans et al. (1999)
d-Limoneno	Monoterpeno	Ação antiangiogênica, pró-apoptótica e inibição da farnesiltransferase	Modelos in vitro e in vivo	Guang et al. (2004); Kaji et al. (2001).; Srinivas (1986)
Trissulfeto de dialilo (DATS)	Organossulfurado	Bloqueio do ciclo celular na fase G2/M e indução de apoptose	Células tumorais hepáticas humanas	Wu et al. (2004); Thomson & Ali (2003)
Perilol	Monoterpeno hidroxilado	Inibição da angiogênese e indução de apoptose, inibição de proliferação celular, modulação da prenilação de proteínas (especialmente da família RAS), indução de diferenciação celular	Diversos modelos tumorais	Loutrari et al. (2004); Crowell (1999)
Melissa officinalis	Óleo essencial completo	Citotoxicidade em múltiplas linhagens tumorais	Linhagens celulares humanas e murinas	De Sousa et al. (2004)

Fonte: Adaptado de Edris AE. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother Res.* 2007;21(4):308–323.

O citral demonstrou capacidade de induzir a expressão de enzimas de fase II, como a glutathione-S-transferase, favorecendo processos de detoxificação celular e podendo contribuir para a redução da formação ou da ação de agentes mutagênicos²². Além desse efeito quimiopreventivo, evidências experimentais demonstraram sua capacidade de induzir apoptose em linhagens tumorais, associada à ativação da caspase-3, reforçando seu potencial como composto bioativo de interesse na quimioprevenção e como possível adjuvante no tratamento das neoplasias^{22, 48}.

O α -bisabolol destacou-se pela indução seletiva de apoptose em células de glioma, com menor impacto sobre células normais, característica potencialmente vantajosa em relação à citotoxicidade observada com quimioterápicos convencionais²³. Revisões farmacológicas também destacam o α -bisabolol como um sesquiterpeno de relevante interesse científico, em razão de suas propriedades biológicas e de seu potencial como composto bioativo em pesquisas oncológicas^{24, 3}.

O β -elemene apresentou relevância translacional ao demonstrar aumento da sobrevida em pacientes com gliomas, sendo um dos poucos constituintes de óleos essenciais com evidências clínicas associadas²⁴. Sua atividade antitumoral também foi associada à indução de apoptose em células de glioma e glioblastoma humano, além da modulação de vias intracelulares relacionadas à progressão tumoral, especialmente a via p38 MAPK. Esses mecanismos contribuem para a inibição da proliferação celular e reforçam o potencial desse sesquiterpeno como agente complementar na terapêutica oncológica⁵⁰.

O geraniol demonstrou atividade antitumoral por meio da modulação de enzimas envolvidas na síntese de DNA e na proliferação celular, como a timidilato sintase e a timidina quinase. Adicionalmente, esse monoterpeno demonstrou potencializar a ação do 5-fluorouracil em células de câncer de cólon, aumentando a sensibilidade tumoral ao tratamento quimioterápico e reforçando seu potencial como composto bioativo de interesse nas pesquisas oncológicas²³.

De forma semelhante, o d-limoneno evidenciou propriedades antiangiogênicas e pró-apoptóticas, além de interferir na prenilação de proteínas envolvidas na progressão tumoral, especialmente proteínas da família RAS^{16, 17}. Compostos organossulfurados, como o trissulfeto de dialilo, apresentaram capacidade de bloquear o ciclo celular na fase G2/M e induzir apoptose em células tumorais hepáticas humanas^{19, 20}.

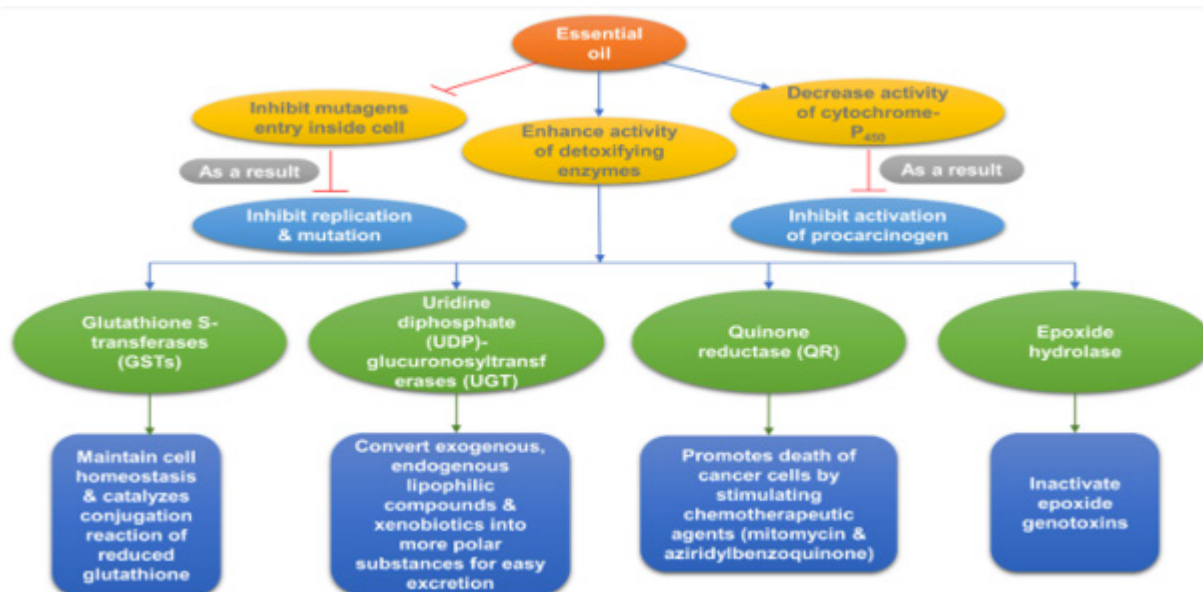
O álcool perílico demonstrou atividades antiangiogênica e antiproliferativa em diferentes modelos tumorais, enquanto o óleo essencial de *Melissa officinalis* apresentou citotoxicidade em múltiplas linhagens tumorais humanas e murinas, reforçando seu potencial antineoplásico em estudos pré-clínicos^{18, 2}.

Embora diversos constituintes voláteis, como citral, α -bisabolol, β -elemene, geraniol, d-limoneno e álcool perílico, tenham demonstrado atividade antineoplásica em estudos experimentais, a simples presença desses constituintes em um óleo essencial não garante que o produto final apresente os mesmos efeitos biológicos. A atividade farmacológica dos óleos essenciais depende de sua composição quali-quantitativa, da proporção relativa de seus constituintes e das possíveis interações sinérgicas ou antagônicas entre eles, além de fatores como quimiotipo, origem botânica e método de extração^{1, 2}. Dessa forma, a extrapolação dos efeitos observados para compostos isolados para o óleo essencial deve ser realizada com cautela, considerando as particularidades químicas de cada produto.

Mecanismos moleculares envolvidos na ação antineoplásica

Os mecanismos anticarcinogênicos atribuídos aos óleos essenciais estão sintetizados na Figura 1, que representa sua atuação na quimioprofilaxia tumoral, incluindo a inibição de enzimas ativadoras de carcinógenos, a redução da formação de metabólitos mutagênicos, a modulação do estresse oxidativo e a indução de sistemas enzimáticos de desintoxicação^{2, 29}.

FIGURA 1 – Mecanismos anticarcinogênicos dos óleos essenciais na quimioprevenção tumoral.



Fonte: Adaptado de Kashyap (2024).

Por sua vez, a Figura 2 ilustra os principais mecanismos moleculares associados à ação anticancerígena dos óleos essenciais em células neoplásicas já estabelecidas, destacando a alteração da permeabilidade mitocondrial, o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, a liberação de citocromo c e a ativação de caspases, culminando em apoptose celular.^{2,30} Esses mecanismos diferem, em parte, daqueles observados nos quimioterápicos convencionais, o que pode explicar a menor toxicidade relativa observada em modelos experimentais ³¹.

FIGURA 2 – Principais mecanismos moleculares envolvidos na ação anticancerígena dos óleos essenciais.



Fonte: Adaptado de Kashyap (2024).

Contextualização epidemiológica das neoplasias

A análise dos dados secundários de mortalidade por neoplasias no estado da Paraíba, no período de 2019 a 2024, evidencia a magnitude do câncer como problema de saúde pública no cenário regional³². A Figura 3 evidencia que a mortalidade por neoplasias no sexo masculino apresentou tendência de crescimento ao longo do período analisado, ainda que com variações interanuais, possivelmente associadas a diferenças no perfil de incidência, no diagnóstico oportuno e no acesso aos serviços de saúde³³, bem como à maior exposição a fatores de risco modificáveis, como tabagismo, consumo de álcool, obesidade e sedentarismo. Além disso, o envelhecimento populacional e o aumento da incidência de neoplasias contribuem para a ampliação da carga da doença, refletindo-se no aumento da mortalidade observado em diferentes regiões do mundo e também no Brasil^{5, 40}.

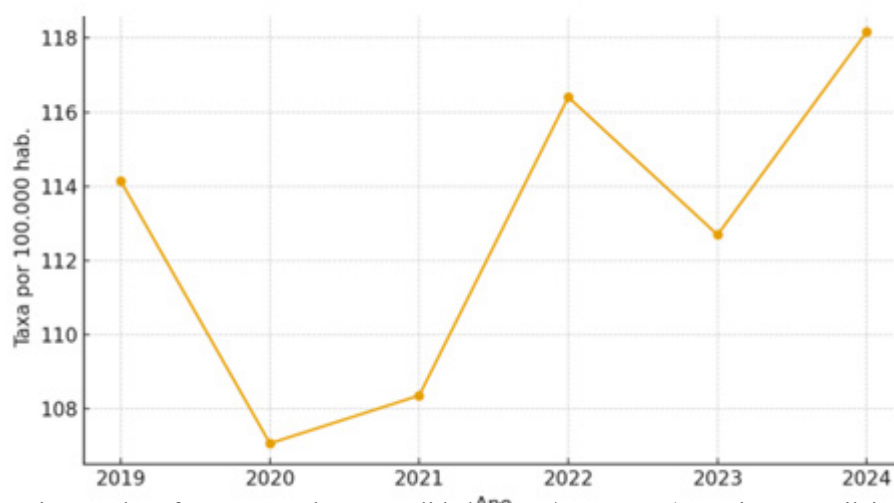
Tabela 2. Número de óbitos, população residente estimada e taxa de mortalidade por neoplasias, segundo sexo, no estado da Paraíba, Brasil, 2019–2024.

Ano	Óbitos masculinos (n)	População masculina	Taxa (100.000 hab.)	Óbitos femininos (n)	População feminina	Taxa (100.000 hab.)
2019	2.232	1.955.516	114,14	2.064	2.082.294	99,12
2020	2.108	1.968.730	107,07	2.013	2.096.205	96,03
2021	2.145	1.979.586	108,36	2.103	2.108.197	99,75
2022	2.314	1.987.957	116,40	2.175	2.118.069	102,69
2023	2.250	1.996.629	112,69	2.304	2.127.839	108,28
2024	2.371	2.006.631	118,16	2.293	2.138.409	107,23

Fonte: Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A **Tabela 2** apresenta os dados utilizados para o cálculo das taxas de mortalidade por neoplasias no estado da Paraíba, segundo o sexo, entre 2019 e 2024. Observa-se que, durante todo o período analisado, a população masculina apresentou taxas de mortalidade superiores às da população feminina, embora ambos os sexos tenham demonstrado tendência geral de incremento ao longo da série histórica. Esses achados reforçam a relevância epidemiológica das neoplasias no estado e subsidiam a análise temporal apresentada nas Figuras 3 e 4.^{8, 32}

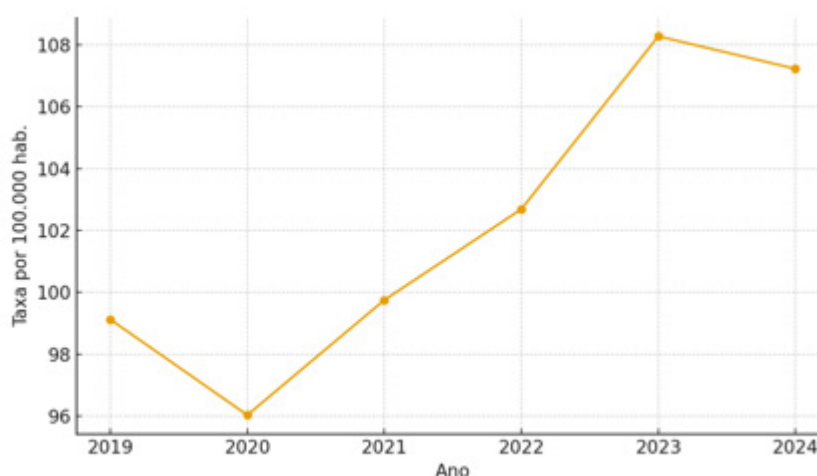
FIGURA 3 – Taxa de mortalidade por neoplasias segundo sexo masculino. Paraíba, 2019–2024.



Fonte: Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Figura 4 evidencia que a mortalidade por neoplasias no sexo feminino apresentou crescimento mais consistente e progressivo, sugerindo maior estabilidade da tendência temporal.³⁴ Esse padrão pode estar relacionado à maior ocorrência de neoplasias hormônio-dependentes, ao envelhecimento populacional e à exposição contínua a fatores de risco ambientais e comportamentais. Esses aspectos reforçam a necessidade de estratégias permanentes de prevenção, diagnóstico precoce e tratamento oportuno.^{5, 40}

FIGURA 4 – Taxa de mortalidade por neoplasias segundo sexo feminino. Paraíba, 2019–2024.



Fonte: Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Relevância clínica e implicações para a oncologia integrativa

Os achados epidemiológicos reforçam a necessidade de abordagens terapêuticas que superem o modelo exclusivamente citotóxico, incorporando estratégias complementares capazes de atuar tanto na prevenção quanto no tratamento das neoplasias³⁵. Nesse contexto, os resultados experimentais apresentados nesta revisão indicam que os óleos essenciais podem desempenhar papel relevante como agentes coadjuvantes na oncologia integrativa, contribuindo potencialmente para a potencialização dos efeitos da quimioterapia e para a redução de seus efeitos adversos³⁶.

A análise dos dados secundários de mortalidade por neoplasias no estado da Paraíba, no período de 2019 a 2024, evidencia a magnitude e a relevância epidemiológica do câncer como problema de saúde pública no cenário regional³⁷. As taxas de mortalidade foram analisadas de forma descritiva e estratificadas por sexo, permitindo identificar tendências temporais distintas entre homens e mulheres³⁸.

Conforme apresentado na Figura 3, observa-se que a mortalidade por neoplasias no sexo masculino apresentou tendência de crescimento ao longo do período analisado, embora com maior variabilidade interanual³⁹. Essa oscilação pode refletir diferenças na distribuição dos tipos de câncer, no acesso aos serviços de saúde, no diagnóstico tardio e na resposta aos tratamentos, aspectos que podem influenciar o perfil de mortalidade masculina. Ainda assim, o comportamento ascendente das taxas reforça a persistência das neoplasias como importante causa de óbito nessa população.

Por sua vez, a Figura 4 demonstra que a mortalidade por neoplasias no sexo feminino apresentou crescimento mais consistente e progressivo ao longo dos anos avaliados⁴⁰. A tendência observada sugere maior estabilidade no aumento das taxas, o que pode estar relacionado à distribuição dos diferentes tipos de câncer, ao envelhecimento populacional e à influência de fatores comportamentais, ambientais e reprodutivos. Esses achados reforçam a necessidade de estratégias contínuas de prevenção, rastreamento, diagnóstico precoce e tratamento oportuno, considerando as particularidades epidemiológicas de cada sexo.

Esses achados epidemiológicos reforçam a urgência de abordagens terapêuticas que superem o modelo

exclusivamente citotóxico, incorporando estratégias complementares capazes de atuar tanto na prevenção quanto no tratamento das neoplasias⁴¹. Nesse contexto, os resultados experimentais apresentados na Tabela 1 ganham relevância ao demonstrar que os óleos essenciais e seus constituintes químicos apresentam mecanismos biológicos que podem interferir em processos fundamentais da carcinogênese e da progressão tumoral⁴². A integração entre o cenário epidemiológico regional e as evidências mecanísticas descritas na literatura científica reforça o potencial da oncologia integrativa como campo promissor para o cuidado em saúde, especialmente quando fundamentado em evidências científicas sólidas⁴³.

CONCLUSÃO

As evidências científicas analisadas nesta revisão integrativa indicam que os óleos essenciais e seus principais constituintes químicos apresentam potencial anticarcinogênico e anticancerígeno promissor, atuando por meio de múltiplos mecanismos biológicos, como a indução seletiva de apoptose, a modulação de vias de sinalização tumoral, a interferência na angiogênese e a potencialização da ação de agentes quimioterápicos convencionais. Esses mecanismos sugerem que tais compostos podem desempenhar papel complementar no contexto da oncologia integrativa.

A análise epidemiológica da mortalidade por neoplasias no estado da Paraíba reforça a magnitude do câncer como problema de saúde pública e evidencia a necessidade de estratégias terapêuticas que superem a perspectiva exclusivamente citotóxica. Nesse cenário, os óleos essenciais apresentam-se como potenciais estratégias complementares tanto na quimioprofilaxia quanto no cuidado oncológico durante o tratamento quimioterápico, desde que sua utilização seja fundamentada em evidências científicas, considerando-se critérios de segurança, possíveis interações medicamentosas e integração responsável às práticas convencionais.

Apesar dos resultados promissores observados em estudos experimentais e das evidências clínicas ainda preliminares, a maior parte das informações disponíveis permanece concentrada em modelos pré-clínicos, o que limita sua extrapolação direta para a prática assistencial. Dessa forma, torna-se imprescindível a realização de ensaios clínicos controlados, estudos translacionais e revisões sistemáticas que contribuam para consolidar as evidências acerca da segurança, da eficácia e dos protocolos de utilização dos óleos essenciais na oncologia.

Conclui-se que os óleos essenciais apresentam potencial como agentes complementares no cuidado oncológico, podendo contribuir para abordagens mais integrativas, humanizadas e centradas no paciente. Sua incorporação à prática em saúde deve ser pautada pela interdisciplinaridade, pelo rigor científico, pela avaliação individualizada dos riscos e benefícios e pela formação adequada dos profissionais, especialmente no âmbito da Enfermagem e das Práticas Integrativas e Complementares em Saúde.

REFERÊNCIAS

1. Edris AE. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother Res*. 2007;21(4):308–323.
2. Kashyap R. Exploring molecular mechanisms and therapeutic potential of essential oils: a systems biology approach. *Future Integr Med*. 2024;3(2):116–131.
3. Agarwal P, Sebghatollahi Z, Kamal M, et al. Citrus essential oils in aromatherapy: therapeutic effects and mechanisms. *Antioxidants (Basel)*. 2022;11(12):2374.
4. Brito AMG, Rodrigues SA, Brito RG, Xavier-Filho L. Aromaterapia: da gênese à atualidade. *Rev Bras Plantas Med*. 2013;15(4):789–793.
5. World Health Organization. *Cancer*. Geneva: WHO; 2023.
6. Siegel RL, Miller KD, Wagle NS, Jemal A. Cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin*. 2023;73(1):17–48.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Brasília: Ministério da Saúde; 2024.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Projeções da população do Brasil e Unidades da Federação*. Rio de Janeiro: IBGE; 2024.
9. De Sousa DP. Bioactive essential oils and cancer. *Curr Pharm Des*. 2017;23(10):1531–1541.

10. Whittemore AS, Harris R, Itnyre J. Characteristics relating to ovarian cancer risk: collaborative analysis. *Am J Epidemiol.* 1992;136(10):1184–1203.
11. Nakamura Y, Miyoshi N, Isemura M. Dietary phytochemicals for cancer prevention: effects of citral on phase II detoxifying enzymes. *Cancer Lett.* 2003;190(1):9–16.
12. Cavalieri E, Bergamini C, Mari M, et al. Involvement of mitochondrial permeability transition pore opening in alpha-bisabolol induced apoptosis. *FEBS Lett.* 2004;576(1–2):87–90.
13. Tan W, Lu J, Huang M, et al. Anti-cancer natural products isolated from Chinese medicinal herbs. *Chin Med.* 2000;3:1–15.
14. Carnesecchi S, Langley K, Exinger F, et al. Geraniol sensitizes human colon cancer cells to 5-fluorouracil. *J Pharmacol Exp Ther.* 2004;310(2):625–632.
15. Mans DR, et al. Effects of geraniol on thymidylate synthase activity. *Cancer Chemother Pharmacol.* 1999;43(6):511–517.
16. Kaji I, Tatsuta M, Iishi H, et al. Inhibition of hepatocarcinogenesis by d-limonene. *Cancer Lett.* 2001;172(2):185–192.
17. Srinivas PR, et al. Inhibition of protein prenylation by monoterpenes. *Cancer Res.* 1986;46(12):6190–6194.
18. Loutrari H, et al. Perillyl alcohol is an angiogenesis inhibitor. *J Pharmacol Exp Ther.* 2004;311(2):568–575.
19. Wu PP, et al. Diallyl trisulfide induces cell cycle arrest and apoptosis. *Mol Cancer Ther.* 2004;3(9):1041–1049.
20. Thomson M, Ali M. Garlic as an anti-cancer agent. *Curr Cancer Drug Targets.* 2003;3(1):67–81.
21. De Sousa DP, et al. Antitumor activity of *Melissa officinalis* essential oil. *Fitoterapia.* 2004;75(2):112–116.
22. Legault J, Pichette A. Potentiating effect of beta-caryophyllene on anticancer drugs. *J Pharm Pharmacol.* 2007;59(12):1643–1647.
23. Modzelewska A, Sur S, Kumar SK, Khan SR. Sesquiterpenes as anticancer agents. *Bioorg Med Chem.* 2005;13(9):3147–3155.
24. Wang G, Li X, Huang F, et al. β -elemene induces apoptosis in glioma cells. *J Neurooncol.* 2005;72(3):243–249.
25. Zhang Y, et al. Clinical application of β -elemene in cancer therapy. *Oncol Lett.* 2018;15(6):9361–9366.
26. Rehman MU, et al. Apoptosis signaling pathways in cancer. *Oncol Rev.* 2017;11(1):327.
27. Fulda S, Debatin KM. Extrinsic versus intrinsic apoptosis pathways. *Oncogene.* 2006;25(34):4798–4811.
28. Hanahan D, Weinberg RA. Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell.* 2011;144(5):646–674.
29. Aggarwal BB, et al. Molecular targets of nutraceuticals. *Biochem Pharmacol.* 2006;71(10):1397–1421.
30. Green DR, Kroemer G. The pathophysiology of mitochondrial cell death. *Science.* 2004;305(5684):626–629.
31. Fulda S. Modulation of apoptosis by natural products. *Nat Prod Rep.* 2014;31(4):504–516.
32. Brasil. DATASUS. TABNET: Mortalidade por neoplasias (CID-10). Brasília: Ministério da Saúde; 2024.
33. Torre LA, et al. Global cancer incidence and mortality. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7–30.
34. Sung H, et al. Global cancer statistics 2021. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209–249.
35. Frenkel M, et al. Integrative oncology. *CA Cancer J Clin.* 2012;62(5):325–345.
36. Deng G, Cassileth BR. Integrative oncology: complementary therapies. *CA Cancer J Clin.* 2013;63(2):109–127.
37. Ministério da Saúde. Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares. Brasília; 2018.
38. Tesser CD, et al. Práticas integrativas na atenção à saúde. *Saude Soc.* 2019;28(3):174–188.
39. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2022. *CA Cancer J Clin.* 2022;72(1):7–33.
40. Bray F, et al. Global cancer transitions. *Lancet Oncol.* 2018;19(4):531–542.
41. Repetto G, et al. Toxicity screening of natural products. *Food Chem Toxicol.* 2008;46(1):23–31.
42. Cragg GM, Newman DJ. Natural products as sources of anticancer agents. *J Ethnopharmacol.* 2005;100(1–2):72–79.
43. Newman DJ, Cragg GM. Natural products as drugs. *J Nat Prod.* 2020;83(3):770–803.

44. De la Torre Torres JE, et al. Essential oils and apoptosis. *Phytomedicine*. 2019;58:152870.
45. Organização Pan-Americana da Saúde. Câncer nas Américas. Brasília: OPAS; 2023.
46. Atanasov AG, et al. Discovery and resupply of pharmacologically active natural products. *Biotechnol Adv*. 2015;33(8):1582–1614.
47. World Health Organization. WHO global report on traditional and complementary medicine. Geneva: WHO; 2019.
48. Dudai N, Weinstein Y, Krup M, Rabinski T, Ofir R. Citral is a new inducer of caspase-3 in tumor cell lines. *Planta Med*. 2005;71(5):484-488.
49. Yao YQ, Ding X, Jia YC, Huang CX, Wang YZ, Xu YH. Anti-tumor effect of beta-elemene in glioblastoma cells depends on p38 MAPK activation. *Cancer Lett*. 2008;264(1):127-134.
50. Crowell PL. Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes. *J Nutr*. 1999;129(3):775S-778S.