



B1

ISSN: 2595-1661

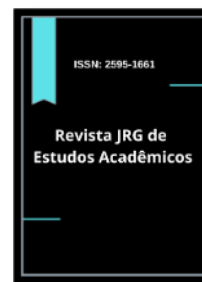
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](#)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Implicações à saúde humana do fotoprotetor *4-methylbenzylidene camphor* (4MBC): uma revisão sistemática dos efeitos endócrinos

Human health implications of the protoprotector *4-methylbenzylidene camphor* (4MBC): a systematic review of endocrine effects

DOI: 10.55892/jrg.v8i18.2018

ARK: 57118/JRG.v8i18.2018

Recebido: 14/04/2025 | Aceito: 02/05/2025 | Publicado *on-line*: 05/05/2025

Ruy Faria Maziero Garcia Nogueira¹

<https://orcid.org/0009-0008-9566-3072>

<http://lattes.cnpq.br/4059007294436267>

Universidade Cesumar, PR, Brasil

E-mail: ruy2767@gmail.com

Thaís Mayumi Matsui²

<https://orcid.org/0009-0001-7638-3875>

<http://lattes.cnpq.br/4642863030396561>

Universidade Cesumar, PR, Brasil

E-mail: thaisamatsui@hotmail.com

Iamara Carvalho Sabatino Bento³

<https://orcid.org/0009-0001-3317-3675>

<http://lattes.cnpq.br/8885370020565551>

Universidade Cesumar, PR, Brasil

E-mail: iamarasabatino@outlook.com

Isabele Picada Emanuelli⁴

<https://orcid.org/0000-0002-1423-2748>

<http://lattes.cnpq.br/7211889533862650>

Universidade Cesumar, PR, Brasil

E-mail: isabele.emanuelli@unicesumar.edu.br



Resumo

O 4-Methylbenzylidene camphor (4MBC) é um filtro UV que protege os seres humanos contra exposição solar, auxiliando na prevenção do câncer de pele. Contudo, apresenta propriedades de interferir no sistema endócrino e outros sistemas orgânicos ainda pouco esclarecidas. A falta de revisões sistemáticas a respeito do tema proposto é uma das lacunas na literatura, pois poderiam contribuir para uma melhor análise de estudos anteriores e prováveis correlações com alterações endócrinas. O estudo em questão tem por objetivo elaborar uma revisão de literaturas para compreensão atual dos efeitos endócrinos do 4MBC até então descobertos. Foi feita uma abordagem estruturada de busca de literatura para identificar estudos elegíveis relatando o efeito do 4MBC no sistema endócrino. As bases de dados utilizadas serão o Scielo, PubMed, Oxford Academic e Wiley Online Library. Os descritores

¹ Graduação em andamento em medicina pelo Centro de Ensino Superior de Maringá, CESUMAR, Brasil.

² Graduação em andamento em medicina pelo Centro de Ensino Superior de Maringá, CESUMAR, Brasil.

³ Mestranda em Tecnologias Limpas pela Universidade Cesumar (2023-2025). Pós graduada em Análises Clínicas e Toxicológicas, pelo Centro de Ensino superior de Maringá (2017). Graduada em Ciências Biológicas Bacharelado, pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (2016). Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura, pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (2014).

⁴ Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (2002). Mestrado pela Universidade de São Paulo - USP. Doutorado (2010-2013) em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de São Paulo UNESP.

preestabelecidos são: 4-methylbenzylidene camphor (4MBC), sunscreens e endocrine disruptors. Os critérios de exclusão serão, para revisões de literatura e sistemáticas: estudos de caso; capítulos de livro e artigos sobrepostos. As informações e dados dos artigos elencados serão triados e organizados por temas, para posterior análise. Importante ressaltar que o relatório dessa revisão sistemática seguirá as recomendações da Declaração PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). O 4-Methylbenzylidene camphor (4MBC) é um filtro UV importante para proteção solar e prevenção, principalmente, do câncer de pele. Desta revisão, podemos concluir que apesar do seu efeito protetor, os produtos que apresentam a substância são amplamente utilizados pela população, colocando em risco à saúde pela exposição ao 4-MBC, sendo que apresenta capacidade de atuar como desregulador do sistema endócrino e outros sistemas orgânicos.

Palavras-chave: Proteção solar. Disruptores endócrinos. Contaminantes Ambientais

Abstract

4-Methylbenzylidene Camphor (4MBC) is a UV filter that protects humans against sun exposure, helping to prevent skin cancer. However, it has properties that interfere with the endocrine system and other organic systems that are still somewhat unclear. The lack of systematic reviews on the proposed topic is one of the gaps in the literature, as they could contribute to a better analysis of previous studies and probable correlations with endocrine alterations. The study in question aims to develop a literature review for the current understanding of the endocrine effects of 4MBC discovered so far. A structured literature search approach will be used to identify eligible studies related to the effect of 4MBC on the endocrine system. The databases used will be Scielo, PubMed, Oxford Academic and Wiley Online Library. The pre-established descriptors are: 4-methylbenzylidene camphor (4MBC), sunscreens and endocrine disruptors. The exclusion criteria for literature and systematic reviews will be: case studies; book chapters; and overlapping articles. The information and data from the listed articles will be screened and organized by theme for later analysis. It is important to emphasize that the report of this systematic review will follow the recommendations of the PRISMA 2020 Statement (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), which involves a checklist containing 27 items that must be followed in order to obtain a more transparent, complete, and accurate review, thus facilitating evidence-based decision-making. Regarding the results, it is expected that, with the execution of this project, the relationship between 4-methylbenzylidene camphor and the effects on the endocrine system will be elucidated. The intention is to contribute to the reduction of such negative and unfavorable occurrences caused by the use of sunscreens that contain a toxic substance in their composition.

Keywords: Sun protection factor. Endocrine disruptors. Hazardous substances

1. Introdução

A incidência de raios ultravioletas no país, como o Brasil, é muito elevada, sendo essencial o uso do protetor solar para proteger da exposição aos raios solares (Menezes et al., 2018). O 4-Methylbenzylidene camphor (4MBC) é um filtro de luz ultravioleta (UV) utilizado em quantidades desconhecidas em produtos comerciais, como cosméticos e protetores solares a fim de defender a pele contra luz UV e fotooxidação (Seidlova-Wuttke et al., 2006). Esse composto é reconhecido pela

IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) como (3E)-1,7,7-trimetil-3-[(4-metilfenil)metilideno]biciclo[2.2.1]heptan-2-ona, o nome genérico é Enzacameno. Trata-se de uma molécula pequena, pesando em média 254,373 e de fórmula molecular $C_{18}H_{22}O$, com ponto de fusão entre 66–70°C (Lax et al., 2023).

O Enzacameno, componente dos fotoprotetores, pode ser absorvido pelo sistema circulatório, e assim causar bioacumulação com consequente efeito no sistema endócrino e outros sistemas orgânicos dos seres humanos. Entende-se por sistema orgânico qualquer organismo ou sistema constituído por células ou estruturas interdependentes que trabalham em conjunto para manter a vida e realizar funções específicas (Urry et al., 2017). O 4-MBC estar interligado com os processos inflamatórios, uma vez que é responsável pela ativação da via do NfκB, MAPK e p38, que resulta na expressão de interleucinas inflamatórias (IL6 e TNF-alfa), além de levar a indução apoptótica e inibição do reparo de DNA (Lax et al., 2023). O aumento da inflamação favorece moléculas como PCR e VHS, além de estimular o crescimento dos níveis de proteínas associadas ao metabolismo do ferro, como a hepcidina, o qual está ligado a anemia da doença crônica. Além disso, a situação ativa o estresse oxidativo, responsável pela produção de AGES, danos no DNA, mutações, crescimento tumoral, além de envolver com as alterações de receptores como de leptina e insulina (Kumar, 2021).

Em camundongos, observaram um efeito estrogênico do Enzacameno, por isso compararam *in vitro* e *in vivo* os efeitos da aplicação crônica do referido e do OMC com os do estradiol (E2) através de uma administração alimentar, demonstrando efeitos sobre o útero, a vagina, e aumento nos mensageiros celulares, IGF-1 por exemplo. O 4MBC, especificamente, se liga a receptores estrogênicos do subtipo beta, de forma competitiva com o estradiol, apresentando ações antiosteoporóticas do E2, mas por mecanismo diferente (Seidlova-Wuttke et al., 2006).

No ano de 2009, encontraram uma desregulação do eixo gonadal no sexo masculino e feminino, alterando os níveis de LH, FSH, GnRH e de neurotransmissores como glutamato e GABA distintamente entre os sexos (Carou et al., 2009). As alterações estrogênicas são responsáveis em mulheres pelo aumento do câncer de mama, uma vez que, na fase proliferativa do ciclo endometrial, o beta-estradiol e E2 induzem o aumento da expressão de proteínas relacionadas com o crescimento celular (Guyton, 2021). Além disso, houve uma maior atividade da fosfatase alcalina em células de Ishikawa endometriais humanas, uma linhagem celular derivada do câncer de endométrio humano receptor de estrogênio. No sexo masculino, enfermidades como criptorquidismo, hipospádia, síndrome da disgenesia testicular (SDT) e câncer testicular são retratadas. (Mueller et al., 2003; Rodgers et al., 2018; Virtanen et al., 2005).

Redução da dimensão dos depósitos lipídicos, do ganho de peso e dos níveis de leptina sérica foram resultados associados ao 4MBC, OMC e E2, quando comparados em animais de controle ovariectomizados (Seidlova-Wuttke et al., 2006). Além disso, 4-Methylbenzylidene camphor, conseguiu inibir o T4 sérico, culminando em níveis séricos de TSH mais elevados (Seidlova-Wuttke et al., 2006). Hormônios tireoidianos junto com a leptina estão envolvidos na termogênese orgânica por meio de proteínas mitocondriais, a exemplo da UCP1, que funciona como um desacoplador da fosforilação oxidativa, isto é, realiza o transporte dos prótons do espaço intermembrana mitocondrial para a matriz mitocondrial passando pela membrana mitocôndrial interna, de modo a liberar energia na forma de calor e sem produzir ATP (Nelson, 2022). Isso justifica-se pelo fato de tanto tiroxina quanto a triiodotironina estarem ligadas a diminuição termogênica induzida pela fome (Zimmermann-Belsing

et al., 2003). A respeito da leptina, hormônio secretado pelos adipócitos, está envolvida na sensação de saciedade, por meio da ativação de neurônios POMC (pró-opiomelanocortina) do núcleo arqueado hipotalâmico, os quais liberariam moléculas responsáveis por inibir a fome e promover a perda de peso (Aires, 2018).

Resume-se que, 4-Methylbenzylidene camphor interfere em diversos parâmetros metabólicos, endócrinos e inflamatórios, incluindo a homeostase de lipídios, gorduras e hormônios tireoidianos. Portanto, a interferência desse componente de produtos de beleza deve ser esclarecida para anteparo da saúde da população (Seidlova-Wuttke et al., 2006). Logo, o objetivo deste artigo é revisar na literatura científica possíveis interferências do fotoprotetor 4-methylbenzylidene camphor sobre o sistema endócrino e outras influências orgânicas.

2. Metodologia

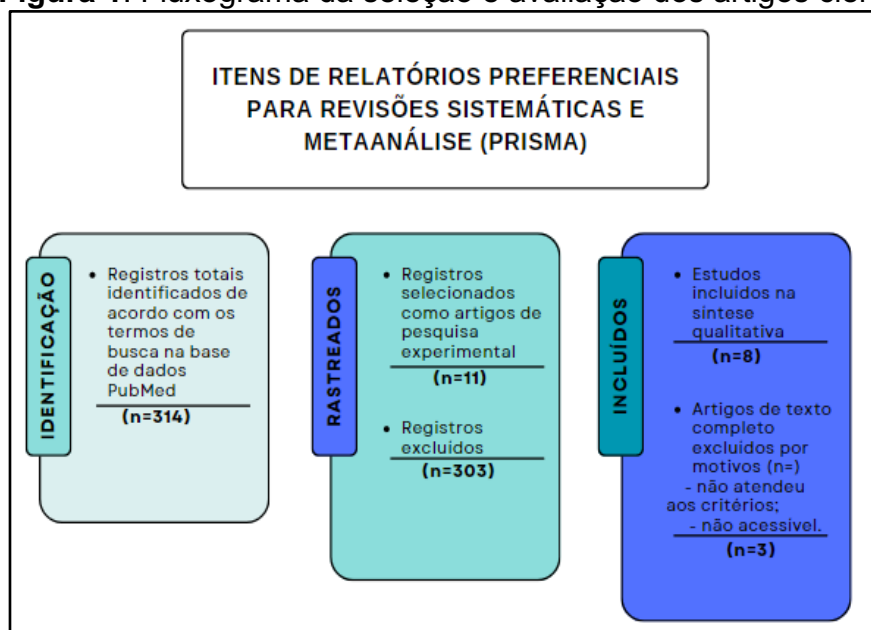
Foi realizada uma busca para identificar literaturas que abordam estudos sobre a temática da substância Enzacameno presente em fotoprotetores e seus efeitos endócrinos. A abordagem foi feita na base de dados PubMed. A pesquisa foi baseada nos termos: 4-methylbenzylidene camphor, 4MBC, sunscreens agents, endocrine disruptors, lipid, inflammation. Além disso, os critérios de inclusão foram os estudos na língua inglesa, entre os anos de 2000 e 2024, e preferencialmente estudos experimentais (in vivo, in vitro e em qualquer espécie animal) (Figura 1). Caso contrário, foram excluídos.

Os critérios de exclusão foram, as revisões de literatura e sistemáticas; estudos de caso; capítulos de livro e artigos sobrepostos. O texto dentro dos critérios, foram alocados para organização dos dados e posterior análise. Por fim, as informações devidamente selecionadas foram usadas para a elaboração do artigo final.

O relatório dessa revisão sistemática seguiu as recomendações da Declaração PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que envolve um checklist contendo 27 itens que devem ser seguidos a fim de obter uma revisão mais transparente, completa e precisa, facilitando assim a tomada de decisão baseada em evidências.

O Microsoft Excel® foi utilizado em todas as etapas: (a) organização dos artigos pré-selecionados, (b) triagem dos artigos pré-selecionados, (c) classificação dos dados de artigos selecionados para avaliação, (d) triagem dos dados, (e) análise dos dados incluídos no estudo.

Figura 1. Fluxograma da seleção e avaliação dos artigos científicos.



Fonte: Elaboração própria

3. Resultados e Discussão

O filtro de luz Ultravioleta (UV), 4-Methylbenzylidene camphor (4-MBC), é usado em produtos comerciais, como cosméticos e protetores solares, em concentrações desconhecidas (Seidlova-Wuttke et al., 2006). O composto, consoante à IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), como (3E)-1,7,7-trimetil-3-[(4metilfenil)metilideno]biciclo[2.2.1]heptan-2-ona, tendo o nome genérico Enzacameno. Trata-se de uma molécula pequena, pesando em média 254,373 e de fórmula molecular $C_{18}H_{22}O$, com ponto de fusão entre 66–70°C (LAX et al., 2023). Com o intuito de investigar as propriedades endócrinas e outros efeitos orgânicos do 4-MBC, foram feitas algumas pesquisas ao longo dos anos 2000 envolvendo ratos, peixes-zebra, células humanas, cancerígenas e até em humanos. Assim, o presente trabalho mostrou-se relevante por ser um assunto ainda recente e não haver revisões sistemáticas acerca das ações do 4-Methylbenzylidene camphor sobre os sistemas orgânicos.

Os resultados da pesquisa foram obtidos por meio da investigação da literatura seguindo os termos de busca, critérios de inclusão e exclusão dos artigos (Quadro 1). Dessa forma, através da avaliação dos artigos encontrados foi possível perceber que os trabalhos iniciaram a partir do século XXI, sendo a Europa o principal sítio de experimentos e, em segundo lugar, os estudos da China. Além disso, o tempo dos experimentos não foi superior a 6 meses. Tais pesquisas revelaram o impacto do 4-MBC e outros filtros UV sobre o sistema imunológico, nervoso, endócrino e também sobre o metabolismo (Figura 2).

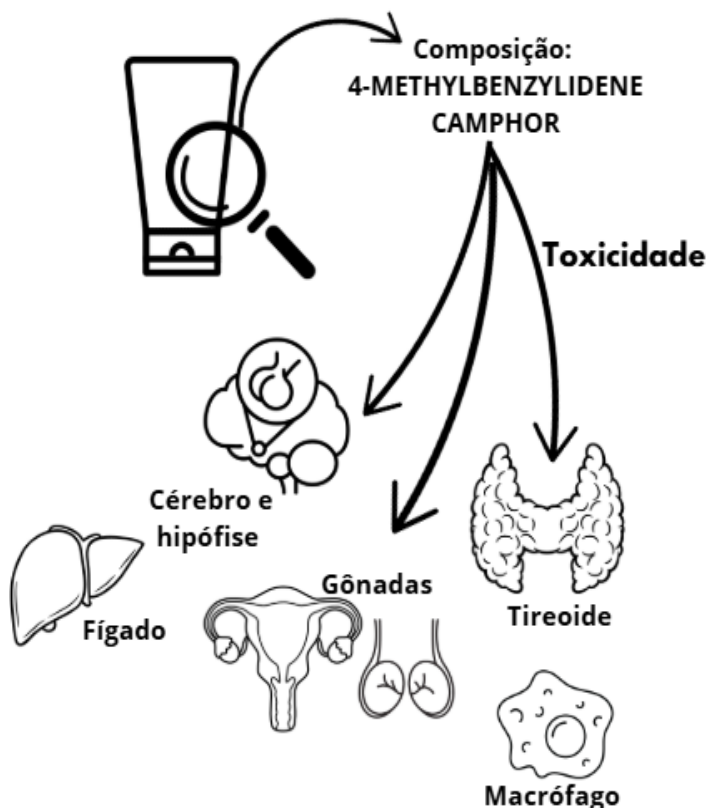
Quadro 1. Estudos incluídos na investigação dos efeitos do 4-MBC.

Modelo de Estudo	Compostos e amostras usadas	Tempo do experimento	Efeitos finais	Resultados endócrinos	País	Referência
Embriões de peixe-zebra	4-MBC	2 semanas	induz neurotoxicidade, ativou um processo de desintoxicação, prejudicou a neurotransmissão e a disrupção endócrina prejudicou o desenvolvimento do embrião de peixe-zebra	induz a glutathione S-transferase, indução de AchE, comprometimento funcional do eixo HPG	Portugal e Espanha	Quintaneiro et al., 2019
Larva de peixe-zebra	4-MBC	de 3 a 5 dias após a fertilização	induziu efeitos estrogênicos, neurotoxicidade e hepatotoxicidade	O mRNA do receptor de estrogênio alfa (α) regulado positivamente	China	(Xian et al., 2023)
Células THP-1	BP-3, 4-MBC, EHMC e BDM	Após a incubação de 48 h com 100 ng mL ⁻¹ PMA	produção de TNF- α e IL-6	ativar a fosforilação das vias p38 MAPK e NF- κ B em macrófagos humanos,	China	AO et al., 2018
Ratos	OMC, 4MBC e E2 (estradiol-17 β)	Por 3 meses	4MBC inibiu T4 sérico e níveis séricos de TSH aumentados. E2, OMC e 4MBC reduziram o ganho de peso, o tamanho dos depósitos de gordura e a leptina sérica	Por mecanismo desconhecido.	Alemanha	Seidlova-Wuttke et al., 2006
Homens e Mulheres pós-menopausa	BP-3, OMC, 4-MBC, amostras de sangue e urina	2 semanas (uma semana de controle seguida por uma semana de tratamento)	Não houve diferenças estatisticamente significativas nos níveis de FSH, LH e SHBG nem nas mulheres nem nos homens	Não relatado	Dinamarca	Janjua et al., 2004

Ratos (machos e fêmeas)	4-MBC	21 dias.	O 4-MBC produziu um aumento nas concentrações séricas de LH ($p < 0,001$) e FSH ($p < 0,01$), e, portanto, também de GnRH, aminoácidos excitatórios e secreção hipotalâmica de GABA.	Não relatado.	Argentina	Carou et al., 2009
Ratos imaturos	injeção subcutânea ou gavagem oral de 4MBC	6 dias.	4-MBC age como um mitógeno para células de câncer de mama MCF-7; efeito uterotrófico	Ligação a receptor de estrogênio (ER)	Reino Unido	Tinwell et al., 2002
Ratos e humanos	4MBC	---	O 4-MBC induziu atividade de fosfatase alcalina (marcador de atividade estrogênica endometrial);	Efeito estrogênica mediado pelos receptores de estrogênio (ER α e ER β)	Alemanha	Mueller et al., 2003

Fonte: Elaboração própria

Figura 2. Representação do 4-METHYLBENZYLIDENE CAMPHOR presente em composições de produtos comerciais e seus locais de maior toxicidade.



Fonte: Elaboração própria

3.1 EFEITOS SOBRE O SISTEMA REPRODUTOR E OUTROS SISTEMAS ORGÂNICOS

Um estudo chinês utilizando larvas de peixe-zebra investigou os efeitos estrogênicos do 4-MBC, focalizando no eixo cérebro-fígado-gônadas. A partir dos resultados, percebeu-se que o filtro teve efeitos estrogênicos, neurotóxicos e de hepatotoxicidade (Xian et al., 2023). Assim, a pesquisa abre portas para novas pesquisas envolvendo alvos terapêuticos para cânceres relacionados a hormônios. Além de revelar a necessidade de trabalhos avaliando as consequências do 4MBC a longo prazo sobre o cérebro e fígado.

O experimento de Mueller et al. (2003) envolvendo ratos e células humanas para investigar a interação direta do 4-MBC com os receptores estrogênicos (ER) α e ER β . Utilizando a fosfatase alcalina como marcador de atividade estrogênica em células Ishikawa endometriais humanas, Mueller et al. (2003) conseguiu concluir que o 4-MBC é capaz de induzir atividade do ER α e ER β . Pensando por meio de Tinwell et al. (2002) foi observado uma ação mitógena do 4-MBC sobre as células de mama MCF-7 e ação uterotrófica, sendo um disruptor endócrino que pode ser usado para explorar câncer de mama e de útero.

Já o modelo europeu de (Quintaneiro et al., 2019) utilizou embriões de peixe-zebra, expondo-os ao 4MBC (0,083–0,77 mg/l) de 0 a 96 h pós-fertilização (hpf). Com isso, foi sugerido que níveis acima de 0,15mg/l 4-MBC induzem a glutathione S-transferase, ativando processos de desintoxicação. Na mesma pesquisa, houve regulação negativa do gene da aromatase cerebral pelo 4-MBC, sugerindo comprometimento funcional do eixo hipotálamo-pituitária-gonadal (HPG) em peixe-zebra. Logo, é essencial experimentos com outros animais, como mamíferos, a fim de avaliar o impacto do composto em outros seres vivos.

O trabalho realizado em ratas adultas jovens também fornece contribuição para o aspecto do eixo gonadal. Durante a gestação (21 dias), administraram por via subcutânea das ratas doses de 100mg/kg de 4-MBC. A via escolhida teve o foco de assemelhar-se à aplicação tópica dos protetores solares em humanos. Os resultados foram observados em ratos adultos machos e fêmeas os quais sofreram exposição intrauterina. Houve alteração nos parâmetros neuroendócrinos em ambos os sexos, mas a exibição dos ratos machos ainda no útero favoreceu para a redução nas concentrações séricas de LH e FSH, conseqüentemente, a secreção hipotalâmica de GnRH também foi afetada devido ao desregulador endócrino estudado. Além disso, mostram também, que os aminoácidos excitatórios como o aspartato e glutamato, e o aminoácido inibitório (GABA) também foram afetados devido ao 4-MBC (Carou et al., 2008). Contudo, apesar dos resultados apresentados, ainda são necessários mais trabalhos para melhor compreensão dos mecanismos dessa substância sobre os sistemas orgânicos humanos.

Um estudo simples-cego da Dinamarca (Janjua et al., 2004) de duas semanas, com 32 voluntários, 15 homens jovens e 17 mulheres na pós-menopausa, foram expostos diariamente a aplicação tópica em todo corpo 2 mg por cm da formulação básica de creme sem (semana 1) e com (semana 2) os três filtros solares a 10% (p/p). Foram coletadas amostras de sangue e de urina a fim de avaliar os níveis séricos e urinários dos filtros UV BP-3, 4-MBC e OMC. Segundo os resultados, todos os três protetores solares na concentração de 10% (p/p) cada foram detectados tanto no plasma quanto na urina, significando que há penetração substancial na pele, absorção sistêmica e excreção urinária dos 3 compostos em humanos. Contudo, os autores deixam claro que não houve interferência no eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, pois os níveis endógenos de hormônios reprodutivos de adultos não foram

afetados. Porém, por ser uma pesquisa de duas semanas, percebe-se que é preciso ter novos estudos tentando avaliar tais parâmetros durante um período de tempo maior.

A pesquisa experimental com ratos com a finalidade de comparar as consequências entre os filtros UV (incluindo 4MBC) e o estradiol foi feito por Seidlová-Wuttke et al. (2006). Para isso, foi aplicado oralmente Octilmetoxicinamato (OMC) e 4-metilbenzilideno cânfora (4MBC) em 2 doses por 3 meses em lipídios e hormônios e foi comparado com aqueles do estradiol-17 β (E2). A partir do experimento, foi descoberto que 4MBC inibiu T4 sérico, levando a níveis mais elevados de TSH sérico. Além disso, foi percebido que o tamanho dos depósitos de gordura e a leptina sérica, um hormônio derivado de adipócitos, quando comparados aos animais de controle ovariectomizados. A relevância do estudo pelos autores se deve pelo fato de que os protetores são absorvidos via transcutânea, levando a concentrações de μM no sangue dos animais testados, assim como os achados μM no sangue humano no trabalho de Janjua et al. (2004), demonstrando a necessidade de estudos em humanos para avaliar os efeitos extra-estrogênicos desses compostos.

3.2 4-MBC E O SISTEMA IMUNOLÓGICO

A inflamação é uma resposta tecidual cujo resultado é a atração de leucócitos e liberação de substâncias de defesa com a intenção de exterminar o fator agressor (Kumar et al., 2023). Pensando na influência de substâncias exógenas no sistema imune, um estudo de Xangai (AO et al., 2018) foi feito com o objetivo de avaliar os efeitos de quatro filtros UV orgânicos (2-hidroxi-4-metoxibenzofenona, BP-3; 4-metilbenzilideno cânfora, 4-MBC; 2-etilhexil 4-metoxicinamato, EHMC; e butilmetoxidibenzoilmetano, BDM) em macrófagos humanos. Como resultado, foi observado que aumentou significativamente a produção de várias citocinas inflamatórias em macrófagos, especialmente fator de necrose tumoral α (TNF- α) e a interleucina-6 (IL-6), após exposição aos quatro filtros. Logo, percebe-se a necessidade de mais estudos buscando avaliar o impacto desses filtros na resposta imunológica da população geral.

As principais limitações desta revisão foram o pequeno número de artigos com estudos experimentais com diferentes populações e desfechos relacionando o 4-MBC aos seus efeitos adversos sobre sistema endócrino e sobre os outros sistemas orgânicos. Outra limitação seria que, majoritariamente, os artigos estavam na base de dados PubMed. Ainda assim, a finalidade foi de reduzir o risco de não selecionar estudos importantes, dois revisores fizeram o processo de seleção de forma independente.

4. Conclusão

O 4-Methylbenzylidene camphor (4MBC) é um filtro UV importante para proteção solar e prevenção, principalmente, do câncer de pele. Desta revisão, podemos concluir que apesar do seu efeito protetor, os produtos que apresentam a substância são amplamente utilizados pela população, colocando em risco à saúde pela exposição ao 4-MBC, sendo que apresenta capacidade de atuar como desregulador do sistema endócrino e outros sistemas orgânicos.

Durante as buscas para realizar a revisão, foi encontrado um baixo número de trabalhos que tratavam dos efeitos do 4-Methylbenzylidene camphor nos humanos. Dentre os estudos, analisou-se uma preferência pelo uso de embriões e animais de laboratório, como os ratos. Em razão dessa escassez de artigos, ressalta-se a urgência de estimular estudos experimentais futuros para aumentar a avaliação do 4-

methylbenzylidene camphor e esclarecer os efeitos sobre o sistema endócrino, minimizando as ocorrências desfavoráveis à saúde humana.

Referências

AIRES, M. de M. Margarida de Mello Aires. **Fisiologia** /. [s. l.]: Guanabara Koogan, 2018. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=6e147193-03d1-3366-acd8-166120a4c5b2>. Acesso em: 29 mar. 2024

AO, J. et al. Organic UV filters exposure induces the production of inflammatory cytokines in human macrophages. **Science of The Total Environment**, v. 635, p. 926–935, set. 2018.

CAROU M.E. et al. Impact of the UV-B filter 4-(Methylbenzylidene)-camphor (4-MBC) during prenatal development in the neuroendocrine regulation of gonadal axis in male and female adult rats. **Environmental toxicology and pharmacology** vol. 27, p. 3, 2009.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica** / Arthur C. Guyton, John Edward Hall, Michael E. Hall; tradução: Adriana Paulino do Nascimento... [et al.]. [s. l.]: GEN Guanabara Koogan, 2021. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=e9b74ab1-d763-389a-8c6a-3966096f6dea>. Acesso em: 29 mar. 2024.

JANJUA, Nadeem Rezaq et al. “Systemic absorption of the sunscreens benzophenone-3, octyl-methoxycinnamate, and 3-(4-methyl-benzylidene) camphor after whole-body topical application and reproductive hormone levels in humans.” **The Journal of investigative dermatology** vol. 123,1 (2004): 57-61. doi:10.1111/j.0022-202X.2004.22725.x

KUMAR, V. **Robbins patologia básica** / Vinay Kumar, Abul K. Abbas, Jon C. Aster; tradução: Tatiana Ferreira Robaina... [et al.]. [s. l.]: GEN Guanabara Koogan, 2021. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=44454c24-e238-3bb3-845b-bd1148115f87>. Acesso em: 29 mar. 2024.

LAX, C. et al. “The effect of sunscreen 4-methylbenzylidene camphor in different and reproductive models, its bioaccumulation and molecular effects on ligand-receptor interaction, and protein expression.” **Basic & clinical pharmacology & toxicology** vol. 133, p. 2, 2023.

MENEZES, N. dos S. et al. Avaliação da composição (INCI) de 5 marcas de protetores solares com FPS 60/ Evaluation of the composition (INCI) of 5 brands of sunscreens with FPS 60. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 37605–37615, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n4-296. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/28079>. Acesso em: 29 mar. 2024.

MUELLER, S. O et al. “Activation of estrogen receptor alpha and ERbeta by 4-methylbenzylidene-camphor in human and rat cells: comparison with phyto- and xenoestrogens.” **Toxicology letters** vol. 142, p.1-2, 2003.

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 37563, 4-Methylbenzylidene camphor *PubChem*, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-Methylbenzylidene-camphor>. Acesso em: 29 mar.2024.

NELSON, D. L. **Princípios de bioquímica de Lehninger** / David L. Nelson, Michael M. Cox; tradução: Carla Dalmaz... [et al.]. [s. l.]: Artmed, 2022. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=1cadcd04-6619-35a1-aa6a-c9d6a6cd3899>. Acesso em: 29 mar. 2024.

QUINTANEIRO, C. et al. "Toxicity effects of the organic UV-filter 4-Methylbenzylidene camphor in zebrafish embryos." **Chemosphere** vol. 218 (2019): 273-281. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.11.097

RODGERS, K. M. et al. Environmental chemicals and breast cancer: An updated review of epidemiological literature informed by biological mechanisms. **Environ. Res.** 2018, 160, p. 152–182.

SEIDLOVÁ-WUTTKE, D. et al. Comparison of effects of estradiol (E2) with those of octylmethoxycinnamate (OMC) and 4-methylbenzylidene camphor (4MBC)--2 filters of UV light - on several uterine, vaginal and bone parameters. **Toxicol Appl Pharmacol**, 2006.

SEIDLOVÁ-WUTTKE, D et al. Comparison of effects of estradiol with those of octylmethoxycinnamate and 4-methylbenzylidene camphor on fat tissue, lipids and pituitary hormones. **Toxicol Appl Pharmacol**, 2006.

TINWELL, H. et al. Confirmation of uterotrophic activity of 3-(4-methylbenzylidene)camphor in the immature rat. v. 110, n. 5, p. 533–536, 1 maio 2002

VIRTANEN , H. E. et al. Testicular dysgenesis syndrome and the development and occurrence of male reproductive disorders. **Toxicol Appl Pharmacol**, 2005.

URRY, L. A.; Cain, M. L.; Wasserman, S. A.; Minorsky, P. V.; Reece, J. B. **Campbell Biology**. 11. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017

XIAN, H. et al. 4-Methylbenzylidene camphor triggers estrogenic effects via the brain-liver-gonad axis in zebrafish larvae. **Environ Pollut**, 2023.

ZIMMERMANN-BELSING, T et al. Circulating leptin and thyroid dysfunction. **European Journal of Endocrinology** vol. 149, p. 257-27, out. 2003