



ISSN 2316-1205

**Editor-chefe**

José Rubens  
Macarenhas

**Editor-adjunto**

Marcelo Nolasco

**Submetido**

16/06/2025

**Aceito**

25/02/2026

**Publicado**

2/3/2026

**Como referenciar**

COQUEIRO, Bruno Lobo; FREIRE, Jeferson Moreira; TAKIYA, Carlos; CAMPOS, Simara Santos. Filtros solares caseiros e comerciais: análise comparativa da eficiência na proteção uv. **RBBA-Revista Binacional Brasil-Argentina**, Vitória da Conquista, 2026, v. 16, n.1, e17339. DOI: 10.22481/rbba.v16i1.17339

**FILTROS SOLARES CASEIROS E COMERCIAIS: ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA NA PROTEÇÃO UV**

*FILTROS SOLARES CASEROS Y COMERCIALES: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA EN LA PROTECCIÓN UV*

*HOMEMADE AND COMMERCIAL SUNSCREENS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THEIR EFFICIENCY IN UV PROTECTION*

**Bruno Lobo Coqueiro**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Bahia, Brasil

ID Lattes: 5651874533679209

ORCID: 0009-0003-2754-0656

Endereço eletrônico: brunnoqueiro2@gmail.com

**Jeferson Moreira Freire**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Bahia, Brasil

ID Lattes: 3308884350854908

ORCID: 0009-0001-9241-300X

Endereço eletrônico:  
jefersonmoreira416@gmail.com

**Carlos Takiya**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Bahia, Brasil

ID Lattes: 6591206454491954

ORCID: 0000-0002-2222-3198

Endereço eletrônico: takiya@uesb.edu.br

**Simara Santos Campos**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Bahia, Brasil

ID Lattes: 5973548981326846

ORCID: 0000-0002-0616-2030

Endereço eletrônico: simaracampos@uesb.edu.br

**Resumo:** Diariamente, muitas pessoas são expostas à radiação solar que consegue atingir a superfície terrestre, dentre eles, a radiação ultravioleta - radiação que integra o espectro eletromagnético - que pode ser subdividido conforme seu comprimento de onda: UV-A (315 nm - 400 nm), UV-B (280 nm - 315 nm) e UV-C (100 nm - 280 nm).



**RBBA**

Revista Binacional Brasil Argentina: diálogo entre as ciências

Vitória da Conquista, v. 16, n.1, e17339, mar-2026

A R-UV pode tanto oferecer riscos à saúde humana (eritemas, fotoenvelhecimento e fotocarcinogênese), como benefícios (esterilização e síntese de vitamina D). Como forma de se proteger da exposição à R-UV, recomenda-se o uso de filtros solares que atuam como barreira de proteção da pele. No entanto, em decorrência de seu alto custo, muitas pessoas optam por produzir seus próprios filtros solares que não passam por testes que atestem sua eficácia. Este artigo teve por finalidade comparar a eficácia entre filtros solares comerciais e caseiros (à base de pasta d'água, óxido de zinco, urucum e argila). Embora todas as formulações estudadas tenham amenizado a intensidade UV, os filtros comerciais apresentaram maior eficiência. Entre os filtros caseiros, o filtro solar à base de urucum foi o que apresentou melhor desempenho.

**Palavras-chave:** eficácia; filtros solares; radiação ultravioleta.

**Resumen:** Diariamente, muchas personas están expuestas a la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, incluyendo la radiación ultravioleta (R-UV), que forma parte del espectro electromagnético. Esta se divide según su longitud de onda en UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) y UV-C (100–280 nm). La R-UV puede representar riesgos para la salud, como eritemas, fotoenvejecimiento y fotocarcinogénesis, pero también aporta beneficios, como la síntesis de vitamina D y la esterilización. Para reducir la exposición, se recomienda el uso de filtros solares, que actúan como barrera protectora para la piel. Sin embargo, debido a su alto costo, muchas personas fabrican sus propios filtros solares, los cuales no han sido sometidos a pruebas de eficacia. Este estudio tuvo como objetivo comparar la efectividad de los filtros solares comerciales y caseros (elaborados con pasta de agua, óxido de zinc, urucú y arcilla). Aunque todas las formulaciones redujeron la intensidad de la radiación UV, los filtros comerciales demostraron mayor eficiencia. Entre los caseros, el elaborado con urucú mostró el mejor desempeño.

**Palabras clave:** eficacia; filtros solares; radiación ultravioleta.

**Abstract:** Daily, many people are exposed to solar radiation that reaches the Earth's surface, including ultraviolet radiation (UVR), which is part of the electromagnetic spectrum. It can be subdivided according to its wavelength into UV-A (315 nm - 400 nm), UV-B (280 nm - 315 nm), and UV-C (100 nm - 280 nm). UVR can pose risks to human health, such as erythema, photoaging, and photocarcinogenesis, but it also provides benefits, such as sterilization and vitamin D synthesis. To protect against UVR exposure, the use of sunscreens is recommended, as they act as a protective barrier for the skin. However, due to their high cost, many people

choose to produce their own sunscreens, which are not subjected to tests to verify their effectiveness. This study aimed to compare the efficacy of commercial and homemade sunscreens (made with zinc oxide paste, zinc oxide, annatto, and clay). Although all formulations reduced UV intensity, commercial sunscreens proved to be more effective. Among the homemade options, the annatto-based sunscreen showed the best performance.

**Keywords:** effectiveness; sunscreens; ultraviolet radiation.

## Introdução

Radiação nada mais é do que a propagação da energia de um ponto a outro, e é subdividida em dois tipos: a radiação corpuscular, quando essa energia é transportada em forma de partículas, e radiação eletromagnética, quando essa energia é transportada por meio de campos elétricos e magnéticos a uma velocidade constante  $c$  no vácuo (Okuno; Caldas; Chow, 1982).

A radiação eletromagnética pode ainda ser subdividida em ondas de rádio, ondas luminosas, raios infravermelhos, raios ultravioletas, raios X e raios gama, de acordo com sua frequência,  $f$ , e comprimento de onda,  $\lambda$ . Segundo Okuno, Caldas e Chow (1982, p. 2-3), temos a seguinte relação:

$$\lambda f = c = 300.000.000 \text{ m/s}$$

‘No dia a dia, uma das principais radiações que temos contato é a radiação ultravioleta (R-UV) devido a nossa frequente exposição à luz solar, principal fonte natural emissora desta radiação. A R-UV está compreendida no espectro eletromagnético entre 100 nm e 400 nm de comprimento de onda (3 PHz a 0,75 PHz) e pode, ainda, ser subdividida em 3 outras subcategorias de acordo com suas propriedades: UV-A (315 nm - 400 nm), UV-B (280 nm - 315 nm) e UV-C (100 nm - 280 nm) (Okuno; Vilela, 2005, p. 19).

Por causa das propriedades energéticas da radiação UV e sua interação com o tecido biológico, a pele humana, ela causa reações fotoquímicas que ocorrem a nível molecular, capazes de gerar alterações no ciclo celular e resultar no desenvolvimento de câncer de pele.

(Batista; Santos-Filho, 2016; Duarte, 2014). Para entender a relação da interação entre a radiação UV e a pele, é importante compreender como esta se organiza morfológicamente.

A pele recobre externamente todo o corpo humano e é o seu maior órgão. Esta desempenha importantes funções no corpo, tais como, regulação da temperatura, proteção contra patógenos, substâncias químicas e queimaduras, sensibilidade cutânea, além de abrigar uma considerável quantidade de vasos sanguíneos.

Anatomicamente, a pele é dividida em epiderme e derme. O primeiro termo aplica-se à camada mais superficial e é constituída por epitélio pavimentoso queratinizado. As células que a compõem são os queratinócitos, células de Langerhans, células de Merkel e os melanócitos (Tortora; Nielsen, 2013). Estes últimos apresentam papel importantíssimo na proteção contra os raios UV, uma vez que produzem a melanina, pigmento que contribui para a coloração da pele e absorve os raios ultravioleta, cujos grânulos formam uma camada protetora do núcleo dos queratinócitos. Já o segundo termo refere-se à camada imediatamente abaixo da epiderme. Trata-se de uma camada formada por tecido conjuntivo denso não modelado. Esta camada é vascularizada e apresenta maior resistência à tração. Sua constituição celular apresenta células fixas (predominantemente os fibroblastos) e células migratórias (mastócitos, eosinófilos, neutrófilos, entre outros) (Tortora; Nielsen, 2013).

A forma como cada comprimento de onda reage com o tegumento difere entre si. De acordo com os resultados encontrados por Lopes, Souza e Libera (2018), o fato de a radiação UV apresentar diferentes comprimentos de onda influencia na intensidade com que cada parte do espectro irá reagir no tecido biológico. Os raios UV-A, por exemplo, são apontados na literatura como os responsáveis pelo envelhecimento e ressecamento da pele, bem como pela produção de radicais livres - moléculas altamente instáveis e reativas que causam grande dano celular. Já os raios UV-B, por apresentarem um menor comprimento de onda e, conseqüentemente, maior quantidade de energia, são os responsáveis pelos danos mais agressivos à pele. Eles podem causar eritemas e espessamento do estrato córneo, mas a sua interação principal se dá no DNA. (Sgarbi; Carmo; Rosa, 2007; Duarte, 2014).

Segundo Snustad e Simmons (2017), a radiação UV é facilmente absorvida por moléculas orgânicas, como as pirimidinas (timina e citosina). Essa absorção é capaz de gerar mutações - alterações presentes também em células-filhas - fator primordial para a carcinogênese. De acordo com Sgarbi, Carmo e Rosa (2007), o tipo de mutação mais comumente observada em câncer de pele é a formação de dímeros de timina. Esse tipo de

mutação ocorre quando a radiação UV excita elétrons nas ligações duplas do anel de timina, fazendo com que se forme ligações covalentes entre bases adjacentes. A consequência disso é o bloqueio da replicação. Existem mecanismos internos que fazem a correção do dano ao DNA, entretanto, quando os danos ocorrem em grande quantidade, decorrentes da exposição prolongada aos raios UV, os mecanismos de reparo não atuam de forma eficiente.

Desse modo, apesar de interagir de formas distintas, os diferentes comprimentos de onda da radiação UV exercem efeitos cumulativos no material genético, o que pode resultar na carcinogênese, ou seja, a exposição prolongada aos raios ultravioleta é um fator determinante para as alterações nas funções normais da pele e o desenvolvimento da epidemiologia (Batista; Santos-Filho, 2016).

A exposição excessiva à radiação UV pode causar efeitos imediatos e tardios na pele. Entre os imediatos, destacam-se o bronzamento e o eritema, que é a vermelhidão da pele. Já entre os efeitos tardios destacam-se o fotoenvelhecimento e a fotocarcinogênese (Okuno; Vilela, 2005, p.44).

O bronzamento é resultado do aumento da produção de melanina pelos melanócitos em resposta à radiação UV. Esse mecanismo de defesa torna a pele mais escura, proporcionando a coloração muitas vezes desejada por muitas pessoas. O eritema, por sua vez, ocorre principalmente em pessoas de pele clara, sendo caracterizado pela vermelhidão causada pela radiação UV. Sua intensidade depende de fatores como pigmentação e espessura da pele, além da duração da exposição (Okuno; Vilela, 2005, p. 45). Ainda segundo as autoras, tal efeito é provocado principalmente pela radiação UV-B e em menor escala pela radiação UV-A e ocorre pois:

A RUVB lesa as células epiteliais, altera o DNA e libera substâncias orgânicas que promovem a inflamação e dilatação dos vasos. Os sintomas causados pela RUVB surgem entre 4 e 8 horas após a exposição. A RUVA, por sua vez, atua diretamente nos vasos sem promover a inflamação, causando um eritema mais tardio e gradual que surge entre 12 e 24 horas após a exposição (Okuno; Vilela, 2005, p.45).

O fotoenvelhecimento surge após muitos anos de exposição solar, tornando-se visível por meio do aparecimento de rugas, manchas e perda de elasticidade. Isso ocorre devido à degradação do colágeno e às alterações no DNA celular causadas pela radiação UV (Okuno; Vilela, 2005, p.46-47). A fotocarcinogênese, por fim, é consequência de mutações genéticas

acumuladas ao longo do tempo, elevando o risco de câncer de pele. Os cânceres não melanoma, como carcinoma basocelular e espinocelular, estão relacionados à exposição prolongada à radiação UV-B, enquanto o melanoma é associado a exposições intermitentes à radiação UV-A.

De acordo com as estimativas do Instituto Nacional de Câncer (INCA) para o triênio 2023-2025, o número de novos casos de câncer de pele, tanto melanoma quanto não melanoma, tem aumentado no Brasil, como nos mostra a tabela 1.

**Tabela 1** - Estimativa do número de novos casos de cânceres de pele melanoma e não melanoma no Brasil para o triênio 2023-2025.

Tipo de câncer	2023-2025					
	Homens		Mulheres		Total	
	Casos	Taxa bruta	Casos	Taxa bruta	Total	Taxa bruta
<b>Pele melanoma maligno</b>	4.640	4,37	4.340	3,90	8.980	4,13
<b>Pele não melanoma</b>	101.920	96,44	118.570	107,21	220.490	101,95

Fonte: Ministério da Saúde (2022)

Como podemos observar, o câncer de pele não melanoma, tipo mais incidente no país, representa 31,3% do total de casos com aproximadamente 220.490 novos casos esperados anualmente. Já o melanoma, embora menos frequente, também apresenta crescimento, com cerca de 8.980 novos casos estimados por ano nesse período.

A radiação ultravioleta, apesar de seus riscos, também oferece diversos benefícios à saúde. A exposição moderada à luz UV é conhecida por proporcionar uma sensação de bem-estar físico e mental, podendo ser utilizada também para o tratamento de condições como a icterícia, especialmente em recém-nascidos, e na síntese de vitamina D, essencial para a saúde humana (Flor; Davolos; Correa, 2007, p. 153-154).

Para que se evite os riscos à saúde provocados pela exposição excessiva à R-UV é necessário a aplicação dos filtros solares sobre a pele. Segundo a ANVISA, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, filtro solar é “qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com a finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UV-B e UV-A, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação” (Ministério da Saúde, 2022). Nesse aspecto, a radiação UV-C não é de tanta preocupação pois esta não chega à superfície do planeta Terra em quantidade considerável pois é absorvida pela camada de ozônio (Okuno; Vilela, 2005, p. 30).

Para que possam ser comercializados, os filtros solares devem garantir as seguintes características:

Além de química, fotoquímica e termicamente inertes os protetores devem apresentar características como ser atóxico; não ser sensibilizante, irritante ou mutagênico; não ser volátil; possuir características solúveis apropriadas; não ser absorvido pela pele; não alterar sua cor; não manchar a pele e vestimentas; ser incolor; ser compatível com a formulação e material de acondicionamento e, ser estável no produto final (Flor; Davolos; Correa, 2007, p. 157).

Essas exigências para os protetores solares são essenciais para garantir sua segurança e eficácia. Além de proteger contra a radiação UV, eles não devem causar efeitos adversos à pele ou ao meio ambiente. A estabilidade química e a compatibilidade com a formulação são fundamentais para que o produto mantenha suas propriedades até o uso final. Assim, a escolha e o desenvolvimento de filtros solares devem considerar não apenas a proteção UV, mas também aspectos toxicológicos, cosméticos e de estabilidade.

Os filtros solares são avaliados pela sua eficácia por meio do FPS (Fator de Proteção Solar), que é a relação entre a quantidade mínima de radiação ultravioleta necessária para causar eritema na pele protegida e a quantidade exigida para provocar o mesmo efeito na pele sem proteção (Okuno; Vilela, 2005, p. 65). Para garantir a eficiência de um filtro solar, seu FPS deve ser superior a 1; assim, quanto maior o FPS, maior será a proteção oferecida pelo produto.

Os filtros solares podem ser classificados conforme a natureza do princípio que lhes confere a característica de proteção contra a radiação ultravioleta, sendo divididos em filtros inorgânicos e orgânicos (ou físicos e químicos, respectivamente).

Os filtros solares inorgânicos são formulados com compostos inorgânicos, geralmente óxidos metálicos, que, ao serem aplicados na pele, criam uma camada protetora capaz de espalhar e refletir os raios UV-A e UV-B, impedindo a radiação de penetrar na pele (Costa, 2015, p. 20-21). Os principais óxidos utilizados nos filtros solares inorgânicos são o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e o óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ), que são considerados ativos de alta segurança para a saúde, pois possuem baixo risco de causar irritações, sendo indicados inclusive para crianças e peles sensíveis (Flor; Davolos; Correa, 2007, p. 156). Além disso, esses compostos são fotoestáveis à radiação UV, garantindo maior durabilidade e previsibilidade em sua eficácia de proteção durante a exposição ao sol (Wang *et al.*, 2010, p. 35).

Os filtros solares químicos, por sua vez, possuem em suas formulações moléculas que têm a capacidade de absorver radiação UV de alta energia e convertê-la em radiação de menor energia, que é inofensiva para a pele. Na maioria das vezes, essas moléculas são compostos aromáticos que contêm grupos carboxílicos e possuem grupos com capacidade de doar elétrons, como amina ou metoxila, situados nas posições orto ou para do anel aromático (Flor; Davolos; Correa, 2007, p.154).

A dificuldade que se encontra para usar protetores solares é o alto custo dos mesmos, sendo um fator que limita o acesso de pessoas que não possuem condições financeiras para adquiri-los, expondo uma parcela significativa da população a riscos de danos à saúde. Em busca de alternativas mais acessíveis, muitos recorrem a filtros caseiros, que, embora econômicos, não passam por testes rigorosos de segurança e eficácia, podendo oferecer proteção insuficiente ou causar efeitos adversos.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa experimental foi avaliar a eficiência de diferentes filtros solares na redução da intensidade da radiação ultravioleta (UV) no intervalo de 290 nm a 390 nm, faixa que compreende a radiação UV-B e UV-A. A investigação buscou quantificar a atenuação relativa da radiação UV proporcionada por filtros solares caseiros e comerciais, orgânicos e inorgânicos, utilizando um medidor UV para a quantificação da intensidade da radiação com e sem os filtros.

## Metodologia

O presente trabalho se trata de uma pesquisa do tipo experimental cuja execução se deu no campus universitário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, no ano de 2024, no período entre agosto e novembro.

Para a realização das medições, foi empregado um medidor de ultravioleta modelo MRU-201. Este dispositivo conta com duas faixas de medição: Lo e Hi, correspondentes a  $1999 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  e  $19990 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , oferecendo tanto uma capacidade de medição baixa quanto alta precisão. O espectro de detecção do sensor de ultravioleta varia entre 290 nm e 390 nm, com uma precisão de aproximadamente  $\pm 4\%$  do fundo de escala (FE), isto é, as incertezas possuem valores fixos de  $79,96 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para a escala Lo e  $799,96 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para a escala Hi. O medidor de radiação UV utilizado nas medições foi calibrado e certificado pela empresa que o vendeu. Antes do uso, foi verificado seu funcionamento por meio da comparação

das leituras em ambiente com radiação solar direta e sombra, garantindo a resposta adequada do sensor.

**Figura 1** - Medidor ultravioleta MRU-201.



Fonte: Acervo pessoal (2024)

O sensor utilizado também possui aplicações no setor industrial, sendo empregado no monitoramento da radiação de luz azul nociva em soldagem, esterilização UV, artes gráficas, equações fotoquímicas, apagamento de Eprom UV, exposição de fotoresistores, tintas e adesivos sensíveis, além de ser utilizado em laboratórios para esterilização UV em estudos de virologia, genética microbiana, pesquisas de DNA e diversas outras finalidades laboratoriais.

Foram selecionadas 4 amostras de protetores solares farmacêuticos que foram intituladas M1, M2, M3 e M4, cujas composições são especificadas na tabela 2 abaixo.

**Tabela 2** - Composição dos filtros solares comerciais

Filtros solares	Composição
M1	Protetor solar à base de Uvinul <sup>TM</sup> A Plus, Uvinul <sup>TM</sup> T 150, T-LiteTMSF-S (Dióxido de titânio, sílica hidratada, dimeticona, copolímero de meticona e hidróxido de alumínio) e Uvinul <sup>TM</sup> MC 80.
M2	Composição não especificada.
M3	Protetor solar de 50 FPS à base de Tinosorb s, univul a plus, parsol mcx, neo heliopan 303, tinosorb m, parsol TX, DC 245, DC 9040, dry flo e gel aristoflex
M4	Protetor solar de 30 FPS cuja composição apresenta dióxido de titânio, neo heliopan bb, neo heliopan os, antaron, parsol mcx, silicone volátil e gel pemulen.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os filtros solares caseiros foram desenvolvidos no laboratório de Física da UESB seguindo receitas caseiras diminuindo as quantidades e mantendo as proporções, apresentando composições variadas com base em ingredientes acessíveis e práticas de preparo simples. O filtro caseiro 1 foi elaborado com 25 mL de hidratante corporal, 5 g de pasta d'água (contendo 25% de óxido de zinco) e 1 mL de óleo de coco. Já o filtro caseiro 2 utilizou 10 mL de óleo de amêndoas, 5 mL de óleo de coco e 2,5 mL de óxido de zinco puro. Ambos foram preparados misturando os ingredientes em um recipiente.

Inspirados no primeiro filtro, os filtros caseiros 3 e 4 substituíram a pasta d'água por produtos naturais, como o urucum e a argila branca. O filtro caseiro 3 continha 6 ml de hidratante, 1 mL de óleo de coco e o extrato de 5 g de sementes de urucum, preparado a partir de maceração com álcool etílico absoluto e posterior filtração e aquecimento em estufa (apenas para agilizar o processo de secagem). Já o filtro caseiro 4 combinava 12 mL de hidratante, 2 mL de óleo de coco e 4,7 g de argila branca, mantendo a proporção 1:3 entre argila e os demais ingredientes para garantir a viscosidade ideal.

Para cada uma das quatro amostras, foi realizado o seguinte procedimento: colocou-se duas camadas de plástico filme sobre o medidor UV, sendo a primeira para evitar danos ao mesmo e a segunda para adicionar uma camada da amostra do protetor solar analisado. Após adicionar a primeira camada sobre o medidor, intitulada camada 1, fomos até um ambiente de ampla exposição solar para obtenção das medidas, retirando três fotos para cada camada a fim de obter o valor médio para a respectiva quantidade. Após obter as medidas da camada 1, com o dedo indicador retiramos uma quantidade de protetor solar correspondente a metade do que havia sido aplicado e espalhamos o restante de maneira uniforme, onde obtivemos a camada 2. Com os valores de cada uma das camadas, utilizamos o programa Google Sheets para obtenção das médias e dos gráficos para análise.

Para estimar a espessura da camada de filtro solar aplicada sobre o sensor, adotou-se uma aproximação geométrica. A quantidade de filtro solar utilizada para aplicar a camada 1 sobre o sensor correspondia a uma esfera de raio 5 mm, aproximadamente. Esse volume foi então assumido como distribuído de maneira uniforme sobre a superfície circular do aparelho de diâmetro 35 mm, isto é, raio 17,5 mm. Igualando-se o volume da esfera ao volume do cilindro formado pela camada de filtro solar sobre o medidor, determinou-se que a espessura da camada 1 era de, aproximadamente, 0,54 mm, ou 540  $\mu\text{m}$ . Por se tratar de uma aproximação geométrica,

essa espessura deve ser interpretada como uma **estimativa de ordem de grandeza**, utilizada apenas para fornecer uma aproximação razoável da camada 1 formada sobre o sensor.

$$\begin{aligned}\frac{4}{3}\pi R^3 &= \pi r^2 h \\ \frac{4}{3}\pi(5)^3 &= \pi(17,5)^2 h \\ h &\approx 540 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Como a quantidade de filtro solar aplicada na camada 2 correspondia à metade da quantidade utilizada na camada 1, assumiu-se que a espessura formada sobre o sensor também seria reduzida pela metade, mas permaneceu com a mesma ordem de grandeza.

As medições foram realizadas em dois dias com condições climáticas parcialmente nubladas. De acordo com diversas medições conduzidas em diferentes condições climáticas, verificou-se que a condição de céu parcialmente nublado apresentou a maior estabilidade na intensidade da radiação UV. Essa estabilidade pode estar associada à dispersão moderada da radiação solar pelas nuvens, o que reduz variações abruptas na intensidade medida.

Seguindo a metodologia descrita anteriormente, obtivemos os dados em termos da intensidade absoluta  $I_A$ . Após isso, o procedimento envolveu a análise da intensidade relativa da radiação  $I_R$ , calculada a partir da comparação entre a intensidade medida em diferentes condições e o valor máximo observado  $I_M$ , que ocorre quando não há nenhuma barreira de proteção. Para determinar a queda da intensidade, foi utilizada a razão entre a intensidade obtida em cada caso específico,  $I_A$ , e o valor máximo registrado,  $I_M$ .

$$I_R = \frac{I_A}{I_M}$$

Esse cálculo permite expressar a intensidade em termos percentuais, evidenciando a redução da radiação em função da presença dos filtros solares e facilitando a comparação entre os resultados. Além disso, para garantir que os resultados obtidos fossem apresentados com a precisão adequada, calculamos o valor da propagação da incerteza para as intensidades relativas (Rouaud, 2013; Bevington; Robinson, 2002).

$$\sigma I_R = \sqrt{\left(\frac{\partial I_R}{\partial I_A} \sigma I_A\right)^2 + \left(\frac{\partial I_R}{\partial I_M} \sigma I_M\right)^2}$$

Para os casos em que as medições fossem realizadas no modo Lo do aparelho, temos que  $\sigma_A = \sigma_M = 4\% \cdot 1999 = 79,96$ , donde obtivemos:

$$\sigma I_R = 79,96 I_R \sqrt{\left(\frac{1}{I_A}\right)^2 + \left(\frac{1}{I_M}\right)^2}$$

No entanto, para os casos das medições dos filtros M2 e M4 reformulado houveram uma mescla de modos na medição, onde as medidas das camadas 1 e 2 foram medidas no modo Lo, e as medidas da intensidade sem o filtro solar foram medidas no modo Hi. Para este caso, temos que  $\sigma I_A = 4\% \cdot 1999 = 79,96$  e  $\sigma I_M = 4\% \cdot 19990 = 799,60$ . Desta forma, obtivemos:

$$\sigma I_R = I_R \sqrt{\left(\frac{79,96}{I_A}\right)^2 + \left(\frac{799,60}{I_M}\right)^2}$$

Assim, pudemos estimar a incerteza final dos resultados, garantindo maior confiabilidade nas conclusões obtidas.

## Resultados e discussão

Seguindo a metodologia descrita, podemos observar na figura 2 como ficou após espalharmos uniformemente a camada 1 dos filtros comerciais sobre o sensor do medidor.

**Figura 2** - Camada 1 das amostras M1, M2, M3 e M4, respectivamente, aplicadas sobre o sensor do medidor UV.



Fonte: Acervo pessoal (2024)

Na figura 3 observamos a camada 1 dos filtros solares caseiros aplicados sobre o sensor do medidor.

**Figura 3** - Camada 1 dos filtros caseiros 1, 2, 3 e 4, respectivamente, aplicadas sobre o sensor do medidor UV.



Fonte: Acervo pessoal (2024)

A Tabela 3 apresenta os valores da intensidade absoluta medida pelo aparelho, em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , os quais foram utilizados tanto no cálculo da propagação da incerteza quanto na obtenção da intensidade relativa, empregada para comparar a eficiência entre os filtros.

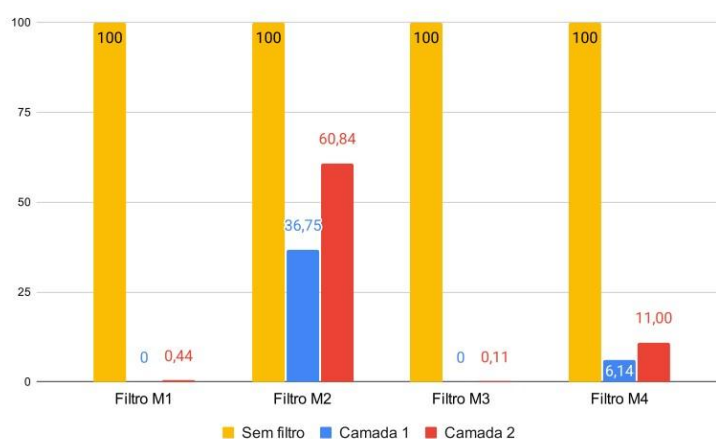
**Tabela 3** - Intensidades absolutas da R-UV

	Intensidades absolutas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )		
	Sem filtro	Camada 1	Camada 2
<b>M1</b>	762,67	0	3,33
<b>M2</b>	2613,33	960,33	1590,00
<b>M3</b>	922,33	0	1,00
<b>M4</b>	782,00	48,00	86,00
<b>Filtro caseiro 1</b>	1131,33	414,00	708,00
<b>Filtro caseiro 2</b>	1293,00	371,00	537,33
<b>Filtro caseiro 3</b>	1103,67	88,33	240,00
<b>Filtro caseiro 4</b>	1383,67	820,33	1007,33
<b>M4 reformulado</b>	2273,33	1,00	16,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No gráfico 1, observamos os dados obtidos que mostram a variação da intensidade da radiação sob as diferentes camadas para cada filtro solar comercial.

**Gráfico 1** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada por filtros solares comerciais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

As incertezas associadas a cada medição também foram consideradas, garantindo que os dados fossem apresentados com a devida precisão. Na tabela 4 podemos verificar os valores obtidos para a intensidade relativa com suas respectivas incertezas nas medidas:

**Tabela 4** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada por filtros solares comerciais e incerteza das medições.

	Sem filtro	Camada 1	Camada 2
<b>M1</b>	100%	0	0,44% ± 10,56%
<b>M2</b>	100%	36,75% ± 11,65%	60,84% ± 18,86%
<b>M3</b>	100%	0	0,11% ± 8,80%
<b>M4</b>	100%	6,14% ± 10,25%	11,00% ± 10,29%

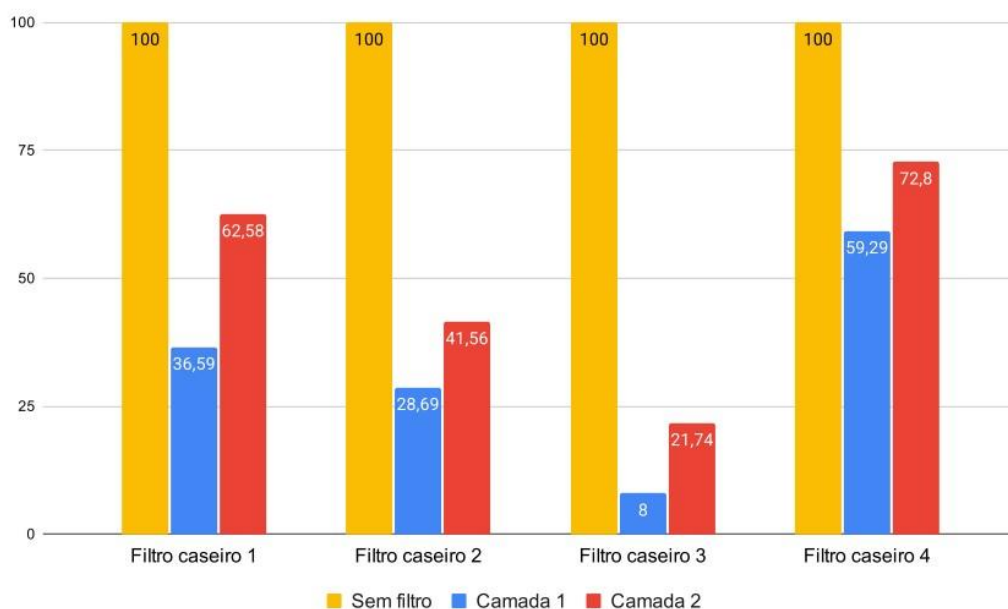
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os filtros comerciais apresentaram uma performance geralmente consistente, sendo projetados para oferecer alta proteção mesmo em condições variáveis. O filtro comercial M1, por exemplo, exibiu excelente desempenho, permitindo apenas 0,44% de radiação UV com a camada fina e uma mínima proteção adicional com a camada grossa, o que sugere que ele é eficaz mesmo em aplicações mínimas. De forma semelhante, o filtro comercial M3 apresentou valores próximos, com apenas 0,11% de radiação passando pela camada fina, o que o torna altamente eficiente contra UV. O filtro comercial M2 apresentou uma diferença marcante entre

as duas condições de aplicação: com a camada fina, ele reduz a radiação a 60,84%, enquanto na camada grossa reduz a 36,75%, sendo menos eficiente que os demais filtros comerciais analisados. Já o filtro comercial M4 apresentou uma eficiência intermediária, permitindo 11% de radiação UV com a camada fina e 6,14% com a camada grossa.

O gráfico 2 apresenta os valores obtidos nessas medições para os filtros solares caseiros. Na tabela 5, podemos verificar os valores do gráfico 2 com os valores da incerteza propagada das intensidades relativas.

**Gráfico 2** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada por filtros solares caseiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

**Tabela 5** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada por filtros solares caseiros e incerteza das medições

	Sem filtro	Camada 1	Camada 2
<b>Filtro caseiro 1</b>	100%	36,59% ± 7,52%	62,58% ± 8,34%
<b>Filtro caseiro 2</b>	100%	28,69% ± 6,43%	41,56% ± 6,70%
<b>Filtro caseiro 3</b>	100%	8,00% ± 7,26%	21,74% ± 7,41%
<b>Filtro caseiro 4</b>	100%	59,29% ± 6,72%	72,80% ± 7,15%

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os filtros caseiros, por sua vez, mostraram uma variabilidade maior em eficiência, refletindo as diferenças nas composições e propriedades de cada formulação. O filtro caseiro 1 apresentou um mau desempenho, permitindo 62,58% de radiação UV na camada fina e 36,59% na camada grossa, possuindo a terceira melhor eficiência entre os quatro filtros caseiros. O filtro caseiro 2 tem a segunda maior eficiência dentre os filtros caseiros, deixando passar 41,56% de radiação UV com a camada fina e 28,69% com a camada grossa, o que indica que a presença dos óleos e do óxido de zinco é adequada para proteção solar. O filtro caseiro 3, por sua vez, é o mais eficiente de sua categoria, permitindo apenas 21,74% de radiação UV com a camada fina e 8% com a camada grossa, sugerindo uma barreira densa e eficaz em ambos os tipos de aplicação. Assim como o filtro caseiro 1, este filtro é composto por hidratante e óleo de coco, no entanto, por sua eficiência ser maior, concluímos que o extrato do urucum possui grande capacidade de proteção UV. O filtro caseiro 4 apresenta a menor eficiência entre todos os filtros solares caseiros, deixando passar 72,80% de radiação UV na camada fina e 59,29% na camada grossa, embora ele ainda proporciona um certo nível de proteção, indicando que a argila barra um pouco da radiação UV.

A análise dos dados sobre a eficiência dos filtros solares em barrar a radiação ultravioleta mostra resultados diversos, dependendo da formulação e da espessura da camada aplicada. A eficiência dos filtros solares é maior quando a intensidade da radiação que atravessa o material é menor, demonstrando maior capacidade de bloqueio da radiação ultravioleta.

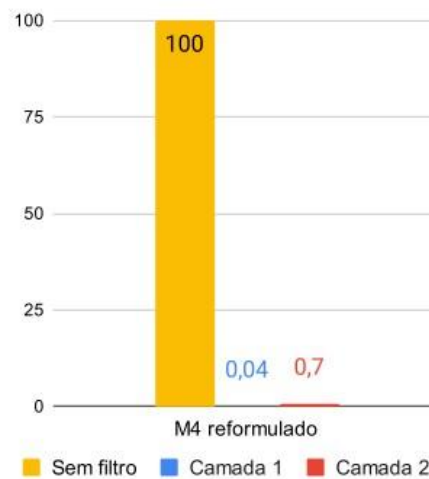
A comparação entre os filtros solares caseiros e comerciais revelou, em geral, grandes diferenças na eficiência de bloqueio da radiação ultravioleta, refletindo a composição adequada e a natureza dos ingredientes utilizados em cada tipo de filtro. Na sua maioria, os filtros comerciais demonstraram uma eficiência superior na proteção contra a radiação UV, com casos de 100% de bloqueio e bloqueio quase total mesmo sob a camada mais fina. Esse desempenho elevado reflete a presença de uma combinação de compostos ativos específicos que garantem essa proteção contra os raios UV. A estabilidade química desses filtros comerciais e sua capacidade de refletir ou absorver a radiação explicam sua superioridade, tornando-os altamente confiáveis para uso.

Por outro lado, os filtros caseiros apresentaram desempenho variado. O filtro caseiro 1 à base de pasta d'água, por exemplo, alcançou um bloqueio razoável, porém inferior ao filtro caseiro 2, que também contém óxido de zinco. A diferença entre os dois pode ser atribuída às diferentes concentrações de óxido de zinco e ao impacto de outros ingredientes, como óleos e

hidratantes. Já o filtro caseiro 3, composto por urucum, destacou-se por ter eficiência comparável aos filtros comerciais, enquanto o filtro caseiro 4, que utiliza argila branca como principal agente protetor, apresentou um desempenho muito inferior, o que indica que a concentração de argila, embora útil, não é suficiente para rivalizar com a performance dos filtros comerciais.

Após a apresentação do resultado da amostra M4 à farmácia de manipulação responsável pela sua produção, a equipe técnica decidiu reformular o filtro solar, desenvolvendo uma nova composição. Posteriormente, a farmácia solicitou que novos testes fossem realizados para avaliar a eficácia do produto reformulado. Esses testes foram conduzidos no dia 21 de janeiro de 2025 conforme os mesmos critérios anteriores, e o resultado foi extremamente positivo, como podemos observar no gráfico 3.

**Gráfico 3** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada pelo filtro solar M4 reformulado



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A camada 1, mais espessa, apresentou apenas 0,04% de transmissão, enquanto a camada 2, mais fina, registrou 0,7%, ambas destacando a eficácia significativa em comparação com os 100% de transmissão na ausência de filtro. Na tabela 6 podemos verificar o mesmo resultado acima com as incertezas nas medidas.

**Tabela 6** - Redução percentual da intensidade da R-UV proporcionada pelo filtro solar M4 reformulado e incerteza das medições

	Sem filtro	Camada 1	Camada 2
<b>M4 reformulado</b>	100%	0,04% ± 3,20%	0,7% ± 3,51%

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Esses resultados confirmam a superioridade da nova composição, garantindo alta proteção mesmo com aplicações mais finas, e demonstram o sucesso da reformulação na melhoria da barreira contra radiação ultravioleta.

## Conclusão

Dado o objetivo de avaliar a eficiência de filtros solares na redução da radiação UV entre 290 nm e 390 nm, quantificando a atenuação usando um medidor UV, a partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que a eficiência de absorção dos raios UV teve variação entre as amostras, o que pode estar relacionado às diferentes composições e fator de proteção solar (FPS), sendo, portanto, um fator importante na escolha dos produtos.

Mesmo com as dificuldades encontradas na metodologia com relação a padronização da espessura de filtro solar aplicado em cada camada e a instabilidade do tempo, os resultados indicaram que todos os filtros foram capazes de reduzir a intensidade da R-UV que chegava sobre o sensor, reforçando a importância do seu diário uso como forma de proteção da pele, pela capacidade que os mesmos têm de absorver e/ou refletir estes raios.

No entanto, mesmo sob resultados positivos, a pesquisa de eficiência dos filtros solares mostrou que, de forma geral, os filtros comerciais oferecem uma proteção mais consistente e eficaz do que os filtros caseiros.

Os filtros solares caseiros podem proporcionar algum nível de proteção, mas sua eficácia é bastante variável. Algumas formulações, como a que utiliza urucum, mostrou ótimos resultados, enquanto outras, como as feitas com argila, têm desempenho inferior. Dessa forma, apesar da busca por opções caseiras, os filtros solares comerciais ainda são considerados mais confiáveis, pois oferecem melhor desempenho e segurança, além de serem testados dermatologicamente e atenderem a padrões rigorosos de qualidade.

É relevante destacar que algumas dificuldades em relação à precisão e ao controle das variáveis foram identificadas na metodologia empregada. A aplicação de uma quantidade estimada de protetor solar pode resultar em variações nos resultados. Além disso, a determinação visual da quantidade aplicada e a remoção manual do produto com o dedo indicador para cada camada subsequente geram variações na espessura das camadas, o que pode interferir na medição da absorção da radiação UV. Por fim, a intensidade da radiação UV pode ser influenciada por fatores climáticos, como a presença de nuvens, umidade e poluição, que

podem bloquear ou dispersar a radiação. Essas flutuações podem causar instabilidade nas medições ao ar livre, comprometendo a precisão dos resultados, embora esse problema tenha sido contornado ao considerar o percentual de redução relativa da intensidade.

## Referências

BATISTA, T. S. A.; SANTOS-FILHO, J. B. **Calcita, Hidroxiapatita e B-Fosfato Tricálcio como absorvedores do ultravioleta**. 1. ed. Aracaju: IFS, 2016.

BEVINGTON, P. R.; ROBINSON, D. K. **Data reduction and error analysis for the physical sciences**. 3. ed. [S. l.]: McGraw Hill, 2002.

BRASIL. Ministério da saúde. **Estimativa 2023**: Incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Nacional do Câncer, 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2023.pdf>. Acesso em: 1 out. 2024.

COSTA, J. T. C. **Preparação de protetores solares com argila**: Análise da eficácia in vitro da propriedade fotoprotetora. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/1057?show=full>. Acesso em: 15 out. 2024.

DUARTE, L. N. **Caracterização de BCP associado ao TiO<sub>2</sub> para USO em filtros solares**. 2014. 78f. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: [https://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Luciana\\_Duarte.pdf](https://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Luciana_Duarte.pdf). Acesso em: 11 ago. 2023.

LOPES, L. G.; DE SOUSA, C. F.; DALLA LIBERA, L. S. Efeitos biológicos da radiação ultravioleta e seu papel na carcinogênese de pele: uma revisão. **Revista Eletrônica da Faculdade Evangélica de Ceres**, v. 7, n. 1, p. 117-146, 2018. DOI: <https://doi.org/10.36607/refacer.v7i1.3327>. Disponível em: <http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/refacer/article/view/3327>. Acesso em: 11 ago. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA, 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022. Dispõe sobre protetores solares e produtos multifuncionais em cosméticos e internaliza a Resolução GMC MERCOSUL nº 08/2011.**, [S. l.], 16 mar. 2022.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row, 1982.

OKUNO, E.; VILELA, M.A.C. **Radiação ultravioleta**: características e efeitos. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

ROUAUD, Mathieu. **Probability, statistics and estimation**: propagation of uncertainties in experimental measurement. [S. l.]: Creative Commons, 2013.

SGARBI, F. C.; CARMO, L. D.; ROSA, L. E. B. Radiação ultravioleta e carcinogênese. **Revista de Ciências Médicas**, Campinas, v. 16, n. 4/6, p. 245-250, 2007. Disponível em: <https://seer.sis.puc-campinas.edu.br/cienciasmedicas/article/download/1050/1026>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SNUSTAD, P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

TORTORA, G. J.; NIELSEN, M. T. **Princípios de anatomia humana**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

WANG, S. Q.; BALAGULA, Y.; OSTERWALDER, U. Photoprotection: a Review of the Current and Future Technologies. **Dermatologic Therapy**, [s. l.], v. 23, p. 31-47, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1529-8019.2009.01289.x>. Acesso em: 17 nov. 2024.