SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA

Anais Brasileiros de Dermatologia

www.anaisdedermatologia.org.br

CARTAS - INVESTIGAÇÃO

Variação da transmitância UVB, UVA e luz visível (azul-violeta) em camisas fotoprotetoras do mercado brasileiro após 50 ciclos de lavagem☆,☆☆

Prezado Editor,

Embora amplamente utilizado, a eficácia do protetor solar tópico é limitada pela baixa adesão e subaplicação, especialmente durante exposição intensa, como em esportes e atividades ocupacionais.[1,2] A fotoproteção por meio de roupas depende dos tecidos que bloqueiam ou atenuam a radiação ultravioleta (UV) antes que ela atinja a pele, fornecendo barreira contínua sem a necessidade de reaplicação.[3]

A capacidade de bloqueio de UV de um tecido é classificada por seu fator de proteção ultravioleta (FPU).[2–4] As roupas classificadas como oferecendo excelente fotoproteção são geralmente definidas como FPU 50 ou superior, correspondendo a $\leq$ 2% de transmitância de UVB.[3–5] No entanto, para proteção contra radiação UVA e luz visível, ainda não existem padrões regulatórios para determinar fatores de proteção específicos.

Nos Estados Unidos, a certificação simula cerca de dois anos de uso da roupa, incluindo testes de transmitância após 40 lavagens e exposição à luz solar e água clorada.[4] No Brasil, entretanto, não há certificação obrigatória e a durabilidade das roupas com proteção UV em condições reais de uso permanece desconhecida. Este estudo avaliou as alterações na transmitância da luz UVB, UVA e azul-violeta após 50 ciclos de lavagem e secagem ao sol em camisas brasileiras com proteção UV.

Seis camisas pretas de manga comprida disponíveis comercialmente, fabricadas com tecidos (FPU50+) indicados para proteção UV (tabela 1), foram submetidas a 50 ciclos de lavagem em máquina doméstica (água fria, detergente e amaciante), seguidos de secagem direta ao sol por pelo menos quatro horas. Amostras do tecido das camisas foram fotografadas em microscopia óptica antes da lavagem (T0) e após 10 (T10), 30 (T30) e 50 (T50) ciclos de lavagem. UVB, UVA e luz visível azul-violeta (faixa de 400–500 nm). Utilizando luz solar direta ao meio-dia em condições de céu limpo, a transmitância foi avaliada na linha de base (T0) e após 10 (T10), 30 (T30) e 50 (T50) ciclos de lavagem. Todas as medidas foram realizadas ao ar livre, na mesma área aberta, para garantir exposição ambiental consistente. Os sensores foram posicionados perpendicularmente à radiação solar incidente e estabilizados em suporte fixo para evitar variações angulares. Para cada medida, a irradiância incidente foi registrada inicialmente sem o tecido. Em seguida, a amostra de tecido foi colocada plana e esticada sobre a abertura do sensor, evitando dobras ou sombreamento, e a irradiância transmitida foi medida imediatamente após para minimizar a flutuação da intensidade solar. A transmitância de UVB foi avaliada utilizando radiômetro ultravioleta digital UVB (ZooMed – San Luis Obispo, CA, EUA), a transmitância de UVA utilizando radiômetro ultravioleta digital 4.2 UVA (Solarmeter – Glenside, PA, EUA) e a transmitância de luz visível azul-violeta (400–500 nm) utilizando radiômetro RD-7 (Ecel – Ribeirão Preto, SP, Brasil), de acordo com as especificações dos fabricantes. Três medidas consecutivas foram obtidas para cada camisa em cada ponto de tempo, e o valor médio foi utilizado para análise estatística.[5–9]

A figura 1 apresenta fotografias microscópicas das estruturas entretecidas das seis marcas estudadas antes da lavagem (T0) e após 50 ciclos (T50), e a figura 2 demonstra a evolução da transmitância ultravioleta, da área de abertura do tecido e do FPU estimado das seis camisas fotoprotetoras ao longo dos ciclos de lavagem (T0, T10, T30 e T50).

Tabela 1 Descrição da composição têxtil de cada uma das seis marcas de camisas fotoprotetoras analisadas

Amostra	Composição têxtil	Marca
Camisa 1	100% poliamida	Speedo
Camisa 2	90% poliamida + 10% elastano	Fila
Camisa 3	80% poliamida + 20% elastano	Puma
Camisa 4	100% poliéster	Columbia
Camisa 5	91% poliamida + 9% elastano	UV LINE
Camisa 6	100% poliéster	Nike

DOI referente ao artigo:
https://doi.org/10.1016/j.abd.2026.501406

☆ Como citar este artigo: Espósito ACC, Cassiano DP, Lemos FK, Domingues LD, Saito CK, Miot HA. Variation of UVB, UVA, and blue-violet visible light transmittance in sun-protective shirts from the Brazilian market, after 50 washing cycles. An Bras Dermatol. 2026;101:501406.

☆☆ Trabalho realizado na Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

2666-2752/© 2026 Sociedade Brasileira de Dermatologia. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

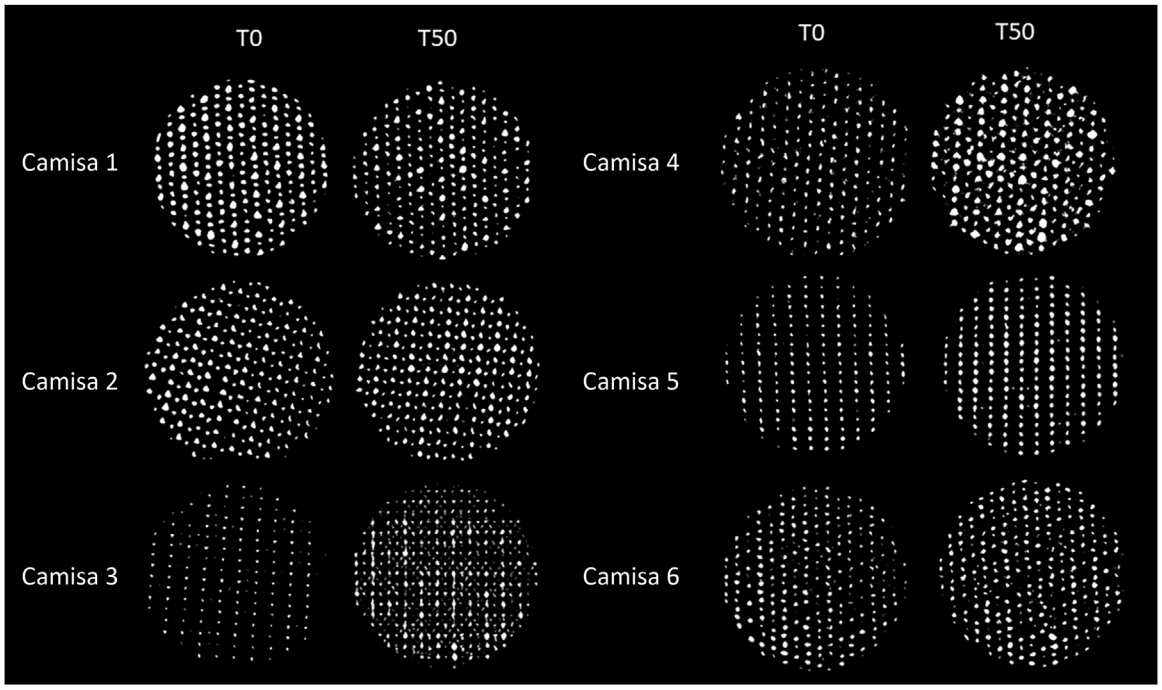

Figura 1 Fotografia microscópica (ampliação de 40 ×) das estruturas entretecidas das seis marcas estudadas antes da lavagem (T0) e após 50 ciclos de lavagem (T50). Após repetidos ciclos de lavagem e secagem ao sol, observam-se alterações estruturais em diversas amostras, incluindo modificações na organização das fibras e no espaçamento entre elas. A heterogeneidade dessas alterações entre as marcas pode explicar parcialmente a variabilidade detectada na transmitância ultravioleta e no FPU estimado, reforçando a influência da composição têxtil e da estabilidade estrutural no desempenho fotoprotetor.

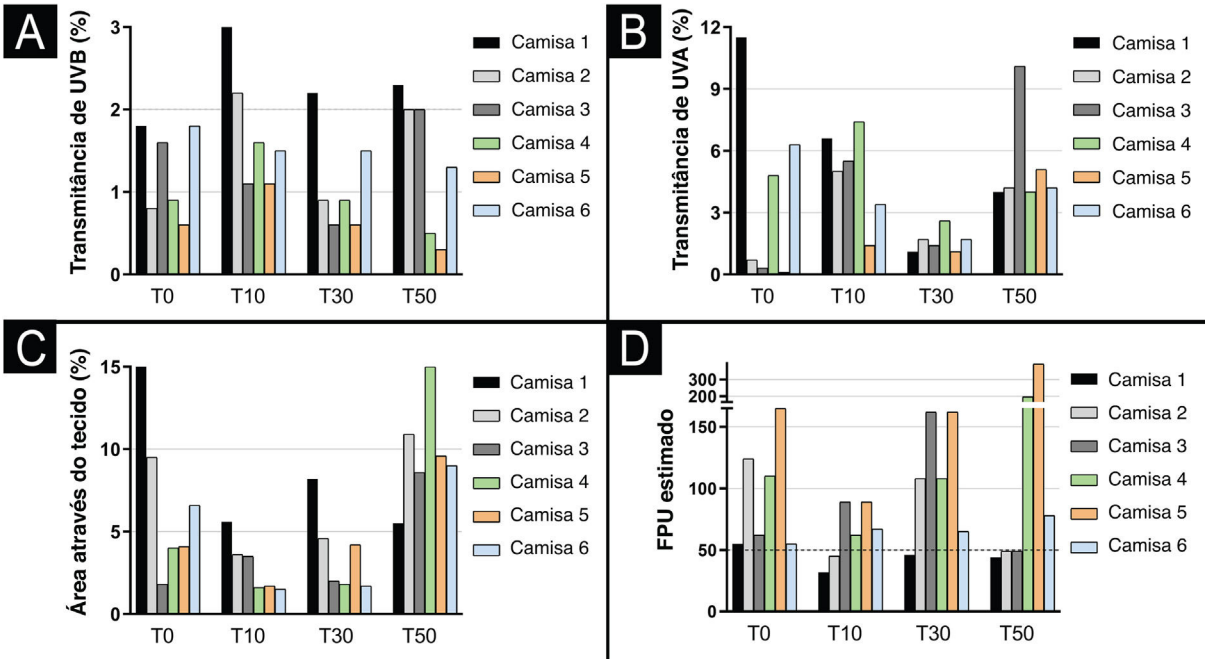

Figura 2 Medidas dos parâmetros ópticos e estruturais do tecido após ciclos repetidos de lavagem. (A) Transmitância UVB (%). (B) Transmitância UVA (%). (C) Porcentagem de área aberta no tecido. D, Fator de proteção ultravioleta estimado (FPU estimado = 1/Transmitância) de seis camisas pretas de manga comprida com proteção UV na linha de base (T0) e após 10 (T10), 30 (T30) e 50 (T50) ciclos de lavagem. Linha tracejada: FPU 50.

A transmitância UVB permaneceu globalmente baixa ($\leq$ 2%) em todas as camisas, exceto na camisa 1, embora tenha sido observada variabilidade entre as marcas e ao longo dos ciclos de lavagem. A transmitância UVA apresentou alta variabilidade entre as marcas e ao longo do tempo. As camisas 1 e 6 apresentaram redução inicial na transmitância após 10 lavagens, possivelmente pela compactação do tecido, enquanto a camisa 3 apresentou aumento significante após 50 ciclos, sugerindo degradação estrutural ou alterações nas propriedades ópticas do material. A transmitância da luz azul-violeta foi insignificante para todas as camisas em todos os momentos.

A área de abertura do tecido demonstrou padrão bifásico, com redução após 10 lavagens (T10) em todas as amostras, exceto na camisa 3, sugerindo compactação ou encolhimento do tecido, seguida por aumentos em T50, exceto na camisa 1.

O comportamento estimado do FPU foi heterogêneo entre as amostras. Algumas camisas, como a 4 e a 5, mostraram aumento no FPU após múltiplas lavagens, possivelmente relacionado à modificação inicial do tecido após a lavagem, enquanto outras demonstraram redução após 50 ciclos. A camisa 1 (poliamida) apresentou desempenho abaixo de FPU50 em T10, T30 e T50. Esses achados reforçam que o desempenho fotoprotetor não depende apenas da quantidade de lavagens, mas também da composição têxtil e da resposta estrutural de cada material ao desgaste mecânico.

Roupas não especificamente rotuladas como fotoprotetoras também podem bloquear a radiação UV com eficácia variável, e a quantidade de corante incorporada ao tecido parece desempenhar papel mais importante na fotoproteção do que apenas a cor. Além disso, os tecidos de poliéster, incluindo as misturas de poliéster-algodão, frequentemente apresentam valores de FPU acima de 50 em virtude de sua baixa porosidade.[3–5,10]

Atualmente, as roupas fotoprotetoras são projetadas com base na composição têxtil, na densidade do tecido e nos padrões de tingimento, em vez de depender de aditivos químicos de bloqueio de UV. Elas são predominantemente feitas de fibras sintéticas, como poliéster e nanofibras, tecidas para formar estruturas altamente compactas que reduzem significantemente o ''efeito de buraco''. Além disso, as roupas com proteção UV geralmente empregam corantes têxteis altamente saturados.[4]

As fibras sintéticas tendem a oferecer maior proteção UV intrínseca em comparação com as fibras naturais. Por exemplo, os tecidos de poliéster e poliamida geralmente bloqueiam mais radiação UV do que o algodão da mesma espessura e densidade. O poliéster contém anéis aromáticos em sua estrutura molecular, que absorvem a radiação UV. Em contraste, o algodão e outras fibras naturais, especialmente quando brancos, leves ou branqueados, são menos eficazes.[2,5,10,11] Os tecidos elásticos também podem apresentar FPU reduzido, uma vez que o estiramento aumenta a penetração de UV.[3]

Em estudo semelhante realizado nos EUA, os autores lavaram sete peças de roupa até 50 vezes e mediram as alterações no FPU. Embora a maioria tenha mantido valores estáveis ao longo das lavagens repetidas, duas marcas apresentaram diminuição notável no FPU, incluindo uma que utilizava verniz UV de nano zinco. Em contrapartida, as peças que não tinham acabamentos químicos adicionais tenderam a manter seu FPU de maneira mais consistente, com uma delas mantendo o FPU máximo mensurável mesmo após 50 lavagens. Esses resultados sugerem que alguns vernizes de proteção UV podem se esgotar ou desaparecer com o tempo, levantando questões sobre sua necessidade em longo prazo e se a própria construção têxtil poderia oferecer fotoproteção mais duradoura.[11]

Em estudo que comparou tecidos com proteção solar *in vivo* com protetores solares comerciais, todos os tecidos testados forneceram proteção UV superior e mais consistente, bloqueando mais radiação UVA e UVB do que protetores solares com FPS 30 e 50. Os achados apoiam a priorização de roupas fotoprotetoras como defesa primária contra a exposição aos raios UV, com o protetor solar servindo como importante medida complementar.[12]

As limitações do presente estudo incluem: pequeno tamanho amostral, limitado ao mercado brasileiro; uso de luz solar natural em vez de espectrofotometria; e avaliação exclusiva de camisas pretas secas. As camisas não foram avaliadas em condições que envolvem suor, estiramento ou rasgos no tecido, que ocorrem durante o uso em campo.[13,14]

Em conclusão, as camisas com proteção UV avaliadas geralmente mantiveram baixa transmitância de radiação solar após 50 ciclos de lavagem; no entanto, o desempenho foi heterogêneo e um produto não conseguiu manter o FPU $\geq$ 50 durante todo o seguimento. A variabilidade observada reforça a necessidade de protocolos de certificação padronizados nacionalmente que incluam testes de durabilidade para garantir fotoproteção consistente e confiável para os consumidores, especialmente aqueles que praticam atividades ao ar livre e/ou apresentam alto risco de câncer de pele.

ORCID ID

Daniel Pinho Cassiano: 0000-0003-2615-0456
Felipe Kesrouani Lemos: 0000-0002-0488-7839
Luana Diamante Domingues: 0009-0009-5949-8046
Cristiana Kise Saito: 0000-0002-0254-6694
Hélio Amante Miot: 0000-0002-2596-9294

Declaração sobre IA generativa na escrita científica

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram o ChatGPT 5.0 para auxiliar na edição do texto em inglês. Após a utilização dessa ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

Suporte financeiro

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – 306358/2022-0) – Hélio Amante Miot é pesquisador do CNPq.

Contribuição dos autores

Ana Cláudia Cavalcante Espósito: Concepção e planejamento do estudo; análise e interpretação dos dados; elaboração e redação do manuscrito; revisão crítica da literatura; revisão crítica do manuscrito; aprovação da versão final do manuscrito.

Daniel Pinho Cassiano: Análise e interpretação dos dados; elaboração e redação do manuscrito; obtenção dos dados; aprovação da versão final do manuscrito.

Felipe Kesrouani Lemos: Análise e interpretação dos dados; análise estatística; elaboração e redação do manuscrito; obtenção dos dados; aprovação da versão final do manuscrito.

Luana Diamante Domingues: Análise e interpretação dos dados; elaboração e redação do manuscrito; obtenção dos dados; aprovação da versão final do manuscrito.

Cristiana Kise Saito: Análise e interpretação dos dados; elaboração e redação do manuscrito; obtenção dos dados; aprovação da versão final do manuscrito.

Hélio Amante Miot: Concepção e desenho do estudo; Análise e interpretação dos dados; análise estatística; elaboração e redação do manuscrito; revisão crítica da literatura; revisão crítica do manuscrito; aprovação da versão final do manuscrito.

Disponibilidade de dados de pesquisa

Não se aplica.

Conflito de interesses

Nenhum.

Editor

Hiram Larangeira de Almeida Jr.

Referências

1. Buller DB, Andersen PA, Walkosz BJ, Scott MD, Maloy JA, Dignan MB, et al. Compliance with sunscreen advice in a survey of adults engaged in outdoor winter recreation at high-elevation ski areas. J Am Acad Dermatol. 2012;66:63–70.
2. Schalka S, Steiner D, Ravelli FN, Steiner T, Terena AC, Marçon CR, et al. Brazilian consensus on photoprotection. An Bras Dermatol. 2014;89:1–74.
3. Boothby-Shoemaker WT, Mohammad TF, Ozog DM, Lim HW. Photoprotection by clothing: A review. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2022;38:478–88.
4. Lu JT, Ilyas E. An Overview of ultraviolet-protective clothing. Cureus. 2022;14:e27333.
5. Yoshida MM, Esposito ACC, Miot HA. UVB, UVA, and visible light (blue-violet range) transmittance of clothing used in Brazil. An Bras Dermatol. 2020;9(5):768–70.
6. Mazeto IFDS, Esposito ACC, Cassiano DP, Miot HA. Sun exposure (UVB UVA, and blue-violet visible light) in ordinary daily situations. Int J Dermatol. 2022;61:e291–3.
7. Heintze SD, Cavalleri A, Peschke A, Schüpbach P. Fluorescence microscopy for the evaluation of the margins of class V restorations in vitro. J Adhes Dent. 2005;7:19–28.
8. Diehl JJE, Baines FM, Heijboer AC, van Leeuwen JP, Kik M, Hendriks WH, et al. A comparison of UVB compact lamps in enabling cutaneous vitamin D synthesis in growing bearded dragons. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2018;102:308–16.
9. Cusack L, Rivera S, Lock B, Benboe D, Brothers D, Divers S. Effects of a light-emitting diode on the production of cholecalciferol and associated blood parameters in the bearded dragon (*Pogona vitticeps*). J Zoo Wildl Med. 2017;48:1120–6.
10. Saha B, Saha A, Das P, Kakati A, Banerjee A, Chattopadhyay P. A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with special emphasis on UV protection. Heliyon. 2024;10:e40027.
11. Fernau E, Ilyas SM, Ilyas EN. The impact of routine laundering on ultraviolet protection factor (UPF) values for commercially available sun-protective clothing. Cureus. 2023;15:e42256.
12. Berry EG, Bezecny J, Acton M, Sulmonetti TP, Anderson DM, Beckham HW, et al. Slip versus slop: A head-to-head comparison of UV-protective clothing to sunscreen. Cancers (Basel). 2022;14:542.
13. Aguilera J, Navarrete-de Gálvez E, Sánchez-Roldán C, Herrera-Ceballos E, de Gálvez MV. Sun-protective properties of technical sportswear fabrics 100% polyester: The influence of moisture and sweat on protection against different biological effects of ultraviolet (UV) radiation. Photochem Photobiol. 2023;99:184–92.
14. Gambichler T, Hatch KL, Avermaete A, Bader A, Herde M, Altmeyer P, et al. Ultraviolet protection factor of fabrics: Comparison of laboratory and field-based measurements. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2002;18:135–40.

Ana Cláudia Cavalcante Espósito [a,b,*], Daniel Pinho Cassiano [c], Felipe Kesrouani Lemos [d], Luana Diamante Domingues [b], Cristiana Kise Saito [b] e Hélio Amante Miot [a]

[a] *Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil*
[b] *Hospital Regional de Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP, Brasil*
[c] *Departamento de Dermatologia, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil*
[d] *Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil*

[*] Autor para correspondência.
E-mail: anaclaudiaesposito@gmail.com (A.C. Espósito).

Recebido em 6 de janeiro de 2026; aceito em 27 de fevereiro de 2026