Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO SUPER-HIDROFÓBICO E TRANSPARENTE À BASE DE SILICONE VOLTADOS PARA APLICAÇÃO EM CÉLULAS SOLARES

Silva, P. M. [1]; Spinelli, S. L. [2]; Soares, G.B [3]. [1]Bolsista do PRH 2025/17876-3, curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de polímeros (IMA-UFRJ), Rio de Janeiro – RJ
E-mail: millena.silva@ima.ufrj.br [2], [3] Docente Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PEMM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. [2] E-mail: spinelli@ima.ufrj.br; [3] E-mail: bluma@metalmat.ufrj.br

MOTIVAÇÃO

Revestimentos super-hidrofóbicos e autolimpantes têm despertado interesse na indústria fotovoltaica por seu potencial de reduzir o acúmulo de poeira e outros contaminantes sobre a superfície dos painéis, minimizando a necessidade de limpeza e contribuindo para a manutenção da transmissão de luz. Atualmente, já são comercializados revestimentos dessa natureza destinados a aplicações fotovoltaicas, incluindo sistemas hidrofóbicos e nanorrevestimentos transparentes. Entretanto, a obtenção simultânea de elevada repelência à água, transparência óptica e estabilidade do revestimento ainda representa um desafio, uma vez que a rugosidade necessária para a super-hidrofobicidade pode favorecer o espalhamento da luz e comprometer a transmitância.

OBJETIVO

O presente trabalho busca investigar a modificação superficial com fluorosilano de duas sílicas comerciais, AEROSIL® R202 e AEROSIL® R972, incorporadas a uma matriz de silicone, visando avaliar sua influência na obtenção de revestimentos super-hidrofóbicos e transparentes com potencial de aplicação em superfícies fotovoltaicas, de modo a reduzir a aderência de contaminantes na superfície de painéis solares e, consequentemente, assegurar maior eficiência energética e vida útil desses sistemas.

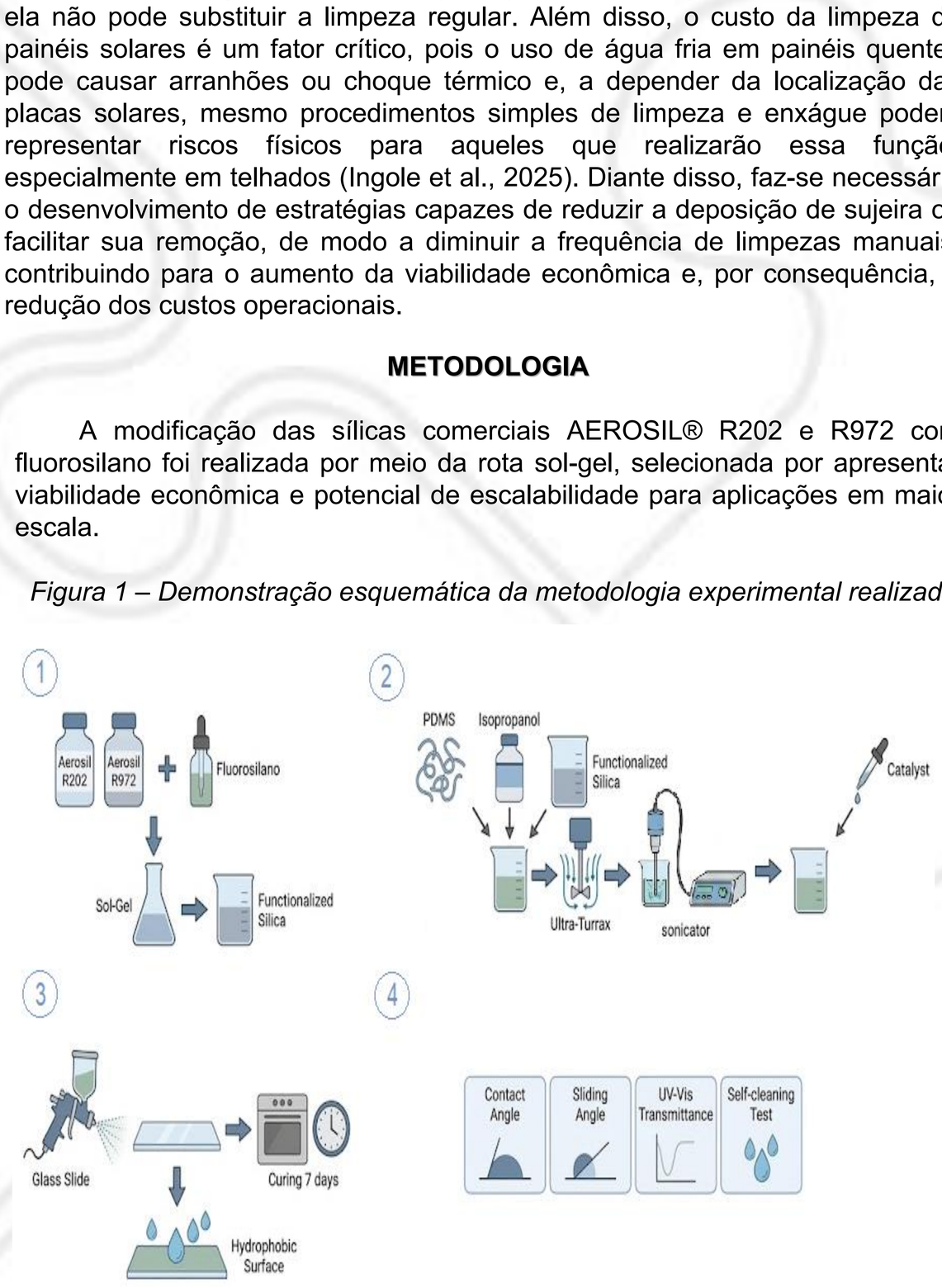
APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

Estudos mostram que a deposição de poeira e sujeira em painéis solares representa um problema significativo, podendo reduzir a geração de energia entre 10 e 25% (Tian et al., 2018; Fan et al., 2015). Embora a chuva possa oferecer uma solução natural de limpeza para as instalações, em muitos casos ela não pode substituir a limpeza regular. Além disso, o custo da limpeza de painéis solares é um fator crítico, pois o uso de água fria em painéis quentes pode causar arranhões ou choque térmico e, a depender da localização das placas solares, mesmo procedimentos simples de limpeza e enxágue podem representar riscos físicos para aqueles que realizarão essa função, especialmente em telhados (Ingole et al., 2025). Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias capazes de reduzir a deposição de sujeira ou facilitar sua remoção, de modo a diminuir a frequência de limpezas manuais, contribuindo para o aumento da viabilidade econômica e, por consequência, a redução dos custos operacionais.

METODOLOGIA

A modificação das sílicas comerciais AEROSIL® R202 e R972 com fluorosilano foi realizada por meio da rota sol-gel, selecionada por apresentar viabilidade econômica e potencial de escalabilidade para aplicações em maior escala.

Figura 1 – Demonstração esquemática da metodologia experimental realizada



Fonte: Gemini, 2026

RESULTADOS

Para a sílica R202, a variação da concentração de FS entre 0,25 g e 0,5 g resultou em materiais que preservaram seu caráter super-hidrofóbico e baixo ângulo de deslizamento, além de apresentarem leve aumento da transmitância, sugerindo que a superfície previamente funcionalizada com PDMS oferece sítios favoráveis à incorporação do FS sem saturação ou defeitos que comprometam a transparência. Em contrapartida, os revestimentos obtidos com a sílica R972 apresentaram desempenho apenas razoável uma vez que o excesso de FS não se incorpora eficientemente à superfície, sugerindo a formação de aglomerados que atuam como centros de espalhamento de luz, reduzem a transparência e prejudicam a organização do filme e a repelência à água.

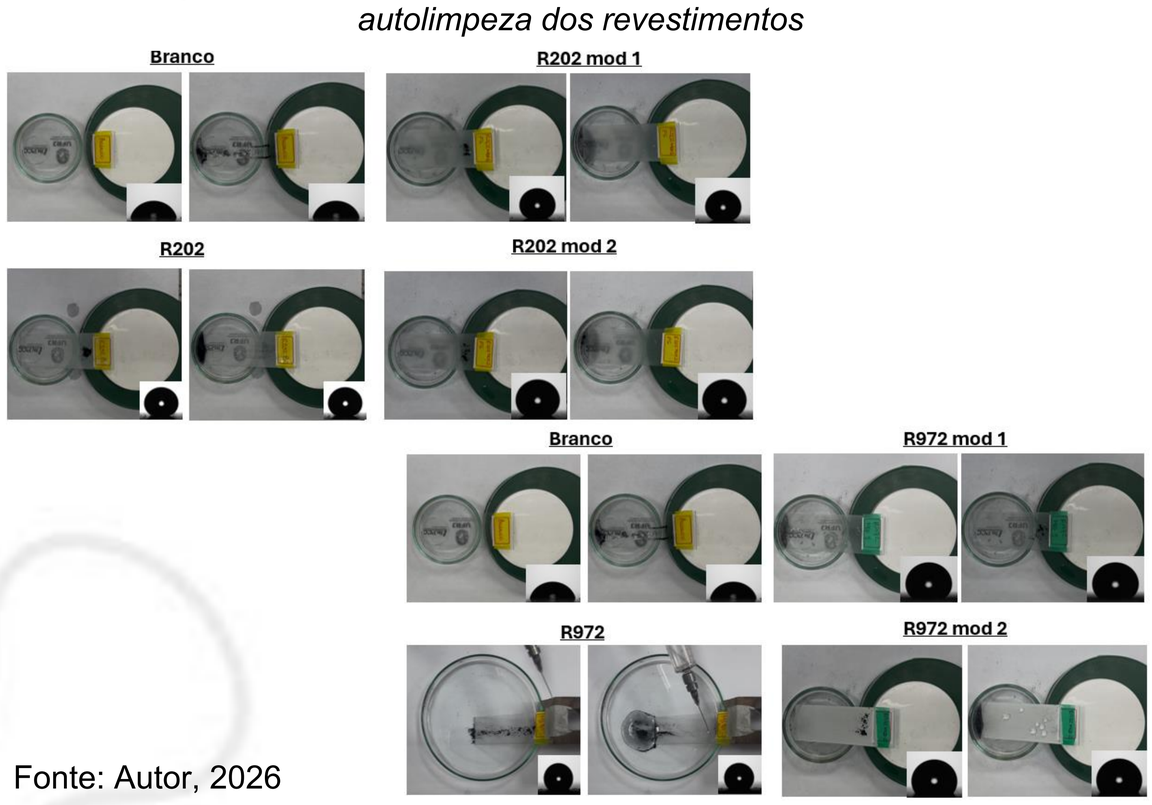
Tabela 1 – Caracterização dos ensaios das sílicas comerciais modificadas com fluorosilano em termos de ângulo de contato, ângulo de deslize e transmitância

		AMOSTRAS						
		Branco	R202	R202 mod 1	R202 mod 2	R972	R972 mod 1	R972 mod 2
Composição	Sílica (g)	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	PDMS (g)	1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Isopropanol(g)	6	6	6	6	6	6	6
	FS (g)	-	-	0,25	0,5	-	0,25	0,5
Caracterizações	AC (º)	82 ± 4	161 ± 2	159 ± 2	158 ± 3	142 ± 7	148 ± 5	126 ± 2
	AD (º)	-	~4	~4	~4	-	-	-
	T (%)	89.932	67.984	82.004	84.035	54.059	83.931	45.381

Legenda: *Isoprop. = Isopropanol; AC = Ângulo de contato; AD = Ângulo de deslize; T = Transmitância;* FS = ((1H,1H,2H,2H-nonafluorohexil)-trietoxissilano.

No ensaio de autolimpeza de modo geral, a sílica Aerosil® R202 foi capaz de gerar filmes homogêneos, opticamente transparentes e super-hidrofóbicos, sem defeitos morfológicos que comprometessem a transmitância ou a adesão aparente da gota, enquanto a R972 apresentou apenas caráter hidrofóbico, com gotas aderidas à superfície, inviabilizando sua aplicação como revestimento autolimpante.

Figura 2 – Caracterização dos comparativos dos ensaios de autolimpeza dos revestimentos



Fonte: Autor, 2026

CONCLUSÃO

Os revestimentos à base de R202, formulados na razão mássica silicone/partícula de 60/40, demonstraram excelente potencial como camada protetora autolimpante em módulos fotovoltaicos, combinando super-hidrofobicidade, alto rolamento de gotas e transmitância óptica compatível com a operação de células solares.

AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, gerido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil- Processo nº 2025/02341-7