cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Concepção, fabricação e validação de um dip-coater de baixo custo para deposição de filmes finos por sol-gel

Sávio E. V. Mafra [1], Alisson M. Rodrigues [1], Thaís F. Araújo [1], Diego G. P. Silva [2], Hugo G. Palhares [1]

1 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia - IECT, Janaúba, Minas Gerais, Brasil, 39447-790;

2 Solutijan-Soluções em Tecnologia da Informação Janaúba Ltda, Janaúba– MG, Brasil. CEP: 39.445-586.

Introdução

A técnica de dip-coating é amplamente utilizada na deposição de filmes finos, permitindo a modificação das propriedades superficiais de diferentes materiais. Apesar de sua versatilidade, equipamentos comerciais apresentam custos elevados, dificultando sua aquisição por laboratórios acadêmicos e instituições de ensino. Nesse contexto, o desenvolvimento de equipamentos alternativos, de baixo custo e fácil fabricação, representa uma oportunidade para ampliar o acesso a essa tecnologia.

Objetivos

Desenvolver e fabricar um dip-coater de baixo custo, baseado em plataforma Arduino, para a deposição de filmes finos pela técnica sol-gel em diferentes materiais.

Metodologia

O desenvolvimento foi dividido em três etapas:

(i) modelagem tridimensional e fabricação da estrutura por impressão 3D e MDF;

(ii) montagem eletroeletrônica e programação do sistema de controle com Arduino, permitindo o ajuste da velocidade e do deslocamento vertical;

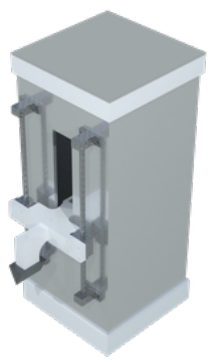


Figura 1. Modelo tridimensional do dip-coater desenvolvido em ambiente CAD.

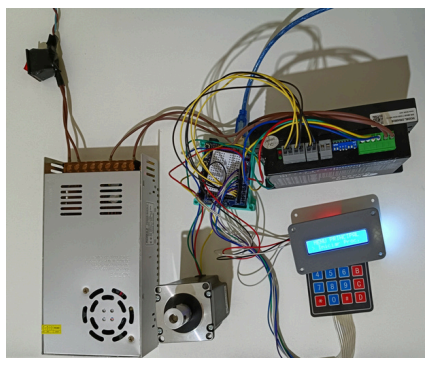


Figura 2. Sistema eletroeletrônico.

(iii) testes funcionais do mecanismo e validação experimental planejada por meio da deposição de filmes finos.

Para a validação será realizada imersão e retirada controlada de substratos em suspensões precursoras de TiO_2 e SiO_2, preparadas pela rota sol-gel. Posteriormente, os filmes obtidos serão avaliados quanto à homogeneidade e à qualidade óptica por inspeção visual e microscopia óptica.

Resultados e Discussão

O projeto resultou na fabricação e montagem de um protótipo funcional de um dip-coater, com estrutura mecânica integrada ao sistema eletrônico de controle. Além da funcionalidade, destaca-se a viabilidade econômica do equipamento, cujo custo de fabricação foi significativamente inferior ao de equipamentos comerciais disponíveis no mercado, conforme apresentado na Tabela 1.

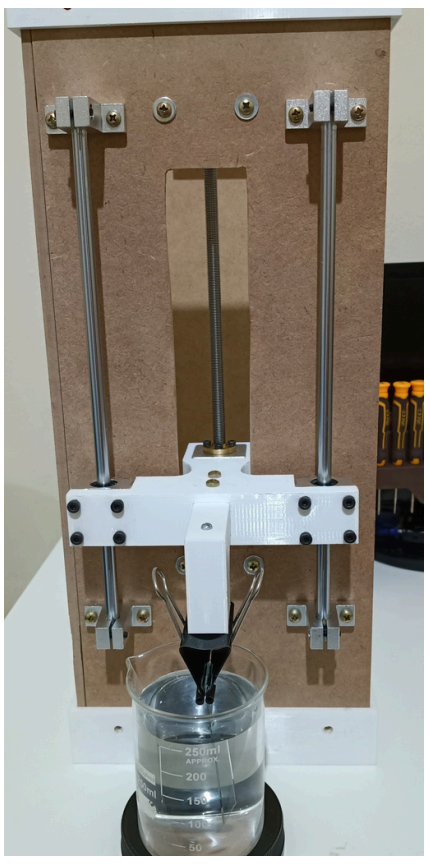


Figura 3. Montagem do Dip-Coater.

Componente	
Fonte chaveada 36 V / 10 A, bivolt	R$ 88,00
Tomada e cabo de força tripolar C14	R$ 27,83
Prendedor de Papel	R$ 3,00
Arduino Uno R3 SMD + CH340	R$ 39,90
Display LCD 16×2 + I2C	R$ 22,90
Kit de guia linear	R$ 106,21
Filamento PETG branco, 1 kg	R$ 163,00
Motor de passo NEMA 23	R$ 142,99
Teclado matricial 4x4	R$ 6,90
Driver para motor de passo	R$ 268,12
Regulador de tensão DC	R$ 13,58
Chapa de alumínio 1000 × 500 mm	R$ 42,47
Chapas de MDF 18,4 × 45 cm (4 un.)	R$ 20,00
Fios e conectores diversos	R$ 30,00
Parafusos e porcas diversos	R$ 20,00
Sensor Hall NJK-50002C	R$ 16,98
Microchaves de fim de curso (2 un.)	R$ 9,46
Imã Neodímio disco 12 x 1,5 mm	R$ 1,70
Custo Total	**R$ 1.023,04**

Tabela 1. Custos do Equipamento.

A programação desenvolvida possibilitou o controle da movimentação vertical, com ajuste de velocidade na faixa de 0,1 a 10 $mm \cdot s^{-1}$ e controle do deslocamento do suporte de substratos. Os testes funcionais evidenciaram o funcionamento dos sistemas de acionamento e controle, indicando o potencial do protótipo como alternativa acessível e modular para aplicações laboratoriais.

Conclusões

O desenvolvimento do dip-coater demonstrou a viabilidade técnica da fabricação de um equipamento de baixo custo para a deposição de filmes finos. Os testes funcionais realizados evidenciam o potencial do protótipo como uma alternativa acessível para aplicações acadêmicas e laboratoriais. Como perspectiva futura, pretende-se realizar a validação experimental do equipamento por meio da deposição de filmes finos de TiO_2 e SiO_2, avaliando parâmetros como homogeneidade e qualidade óptica dos revestimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), ao Grupo de Pesquisa SIM (Soluções Inovadoras em Materiais) e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pelo apoio financeiro e institucional concedido para a realização deste trabalho.