Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

DESENVOLVIMENTO DE MICROCÁPSULAS PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE QUÍMICOS EM AMBIENTES SEVEROS UTILIZANDO MICROFLUÍDICA E EMULSIFICAÇÃO POR MEMBRANAS

Marinkovic, B. [1]; Avendano, J. A. [2]; .[1]Bolsista do PRH 23/PUC-RIO, curso de Engenharia Química, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: borisriobgd@gmail.com [2]Docente do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: jaab@puc-rio.br

Introdução

O processamento de fluidos em condições industriais severas, como altas temperaturas, altas pressões, meios corrosivos... exige novas estratégias para a proteção e transporte de insumos. A microencapsulação surge como uma solução promissora para transportar e liberar catalisadores, inibidores e materiais de mudança de fase (PCMs) exatamente onde são necessários.

Objetivos

Desenvolver e comparar uma plataforma experimental para produção de microcápsulas aplicáveis a ambientes severos, utilizando os métodos de microfluídica e de emulsificação por membranas.

- Ajustar parâmetros operacionais de ambas as técnicas para caracterizar a morfologia, estabilidade e eficiência de encapsulamento;
- Avaliar o comportamento de liberação controlada sob condições severas simuladas;
- Comparar as duas rotas de produção quanto ao controle dimensional, monodispersidade, produtividade, robustez e potencial de escalabilidade industrial.

Métodos

A metodologia compara duas rotas distintas de fabricação de microcápsulas e emulsões em ambiente laboratorial. A rota microfluídica foca na geração de microcápsulas de goma de gelana com controle dimensional gota a gota.

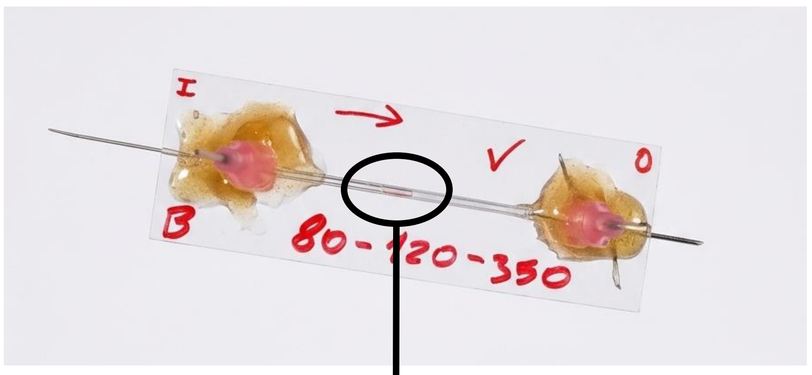


Figura 1 – Dispositivo microfluídico

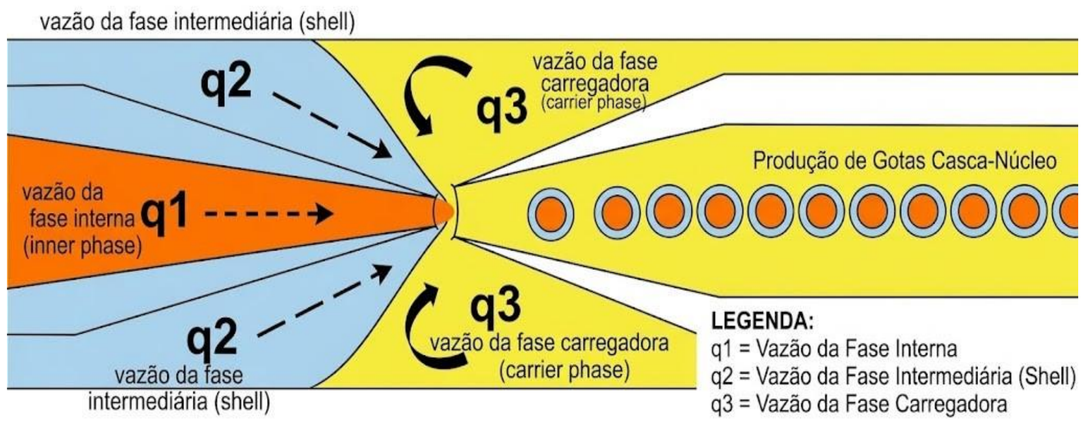


Figura 2 – Funcionamento interno do dispositivo

Em paralelo, a rota de emulsificação por membrana utiliza o equipamento Micropore AXF-1 para testar a produção sob vazões operacionais elevadas.



Figura 3 – Equipamento Micropore AXF-1

Resultados Preliminares

A comparação entre rotas revelou uma relação inversa entre produtividade e monodispersidade. O sistema AFX-1 operou com vazões expressivas entre 200 mL/min e 3 L/min. Em contrapartida, gerou distribuições de tamanho moderadamente amplas, registrando diâmetro médio de 115 µm a 305 µm e span entre 0,69 e 0,87.

Já a microfluídica produziu cápsulas de goma gelana com alta monodispersidade e diâmetro médio de 193 µm, sob vazões menores.

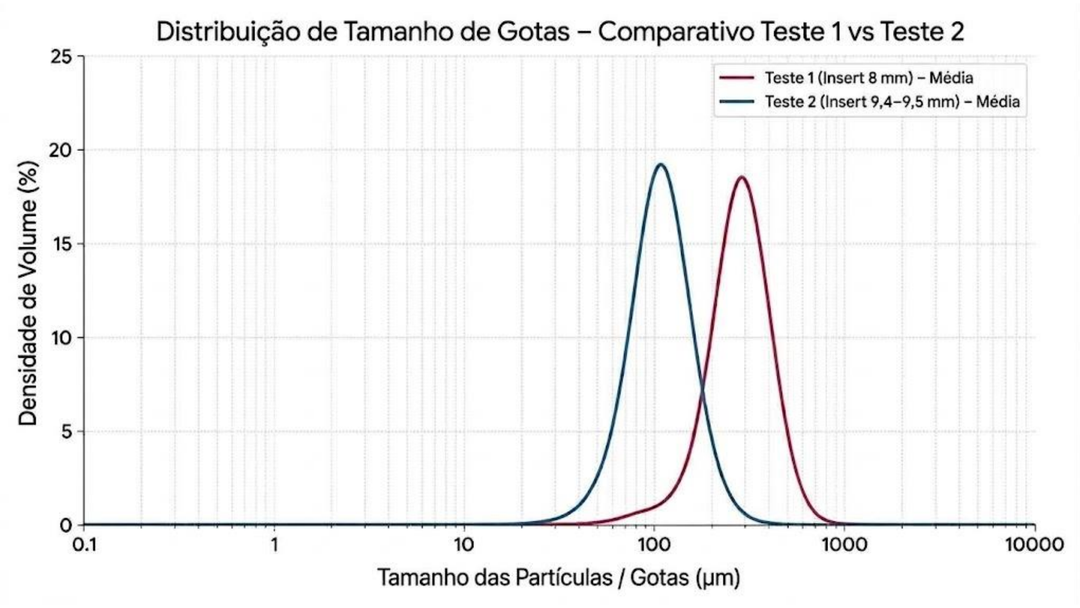


Figura 4 – Produção no AFX-1

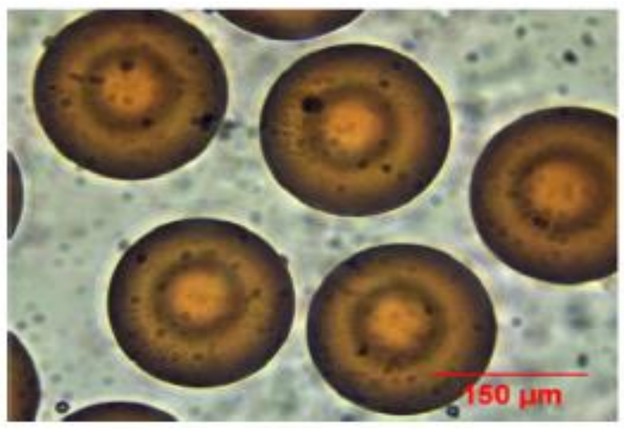


Figura 5 – Microcápsulas produzidas por microfluídica

Enquanto a microfluídica garante precisão morfológica e alta monodispersidade, o sistema AFX-1 demonstra ser o caminho mais viável para a otimização de parâmetros e escalabilidade industrial.

Referências

[1] AL-SHANNAQ, R.; FARID, M. M.; IKUTEGBE, C. A. Methods for the Synthesis of Phase Change Material Microcapsules with Enhanced Thermophysical Properties—A State-of-the-Art Review. *Micro*, v. 2, n. 3, p. 426–474, 2022.

[2] DURAN, M.; SERRANO, A.; NIKULIN, A.; et al. Microcapsule Production by Droplet Microfluidics: A Review from the Material Science Approach. *Materials & Design*, v. 223, 111230, 2022.

[3] MICHELON, M.; LEOPÉRCIO, B. C.; CARVALHO, M. S. Microfluidic production of aqueous suspensions of gellan-based microcapsules containing hydrophobic compounds. *Chemical Engineering Science*, v. 211, 115314, 2020.

[4] MEDEIROS, A.; AVENDAÑO, J.; LEOPÉRCIO, B. C.; CARVALHO, M. S. Controlling sodium silicate sol-gel transition time through encapsulation of hydrochloric acid using tunable polymeric microcapsules. *Scientific Reports*, 2025.