



---

## PROJETO – DE – PESQUISA

### Programa de Iniciação científica e Tecnológica CBPF

Nome do pesquisador ou tecnologista (orientador interno):

Flávio Garcia

Coordenação: COMAN

Nome do pesquisador ou tecnologista (coorientador/colaborador externo, se houver):

\_\_\_\_\_

Instituição de Pesquisa Externa (se houver): \_\_\_\_\_

Título do projeto: Desenvolvimento de nanopartículas Janus para aplicações em micromotores

Palavra-chave: Janus, nanomagnetismo, aplicações biomédica,

Área de conhecimento: Física da Matéria Condensada, Química, Biologia

Pré-requisito desejado (se houver): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Possibilidade de orientação remota:      ( ) Sim              (X ) Não

Resultante principal do Projeto:

- (X) Publicação (horizonte de 4 anos).
- (X) Preparação do bolsista para área científica.
- (X) Produto tecnológico.
- ( ) Produto educacional ou didático.

Rio de Janeiro, 13 de abril de 2023

# Projeto

## Desenvolvimento de nanopartículas Janus para aplicações em micromotores

Orientador – Flávio Garcia

### 1 - Motivação

Segundo a mitologia, Janus é um Deus romano de duas caras, uma olhando para frente e outra para trás. Assim como o Deus romano, nanopartículas Janus possui duas (ou mais) distintas superfícies, que podem ser preparadas para terem diferentes funções. No laboratório de materiais magnéticos multifuncionais do CBPF (L3M) estamos desenvolvendo novos sistemas magnéticos que podem ser classificados como sistema Janus.

Esses sistemas são preparados por litografia coloidal a partir de um arranjo auto-organizado de micro-esferas de poliestireno (PS). O processo de preparação desse sistema está esquematizado na figura abaixo (Figura 1).

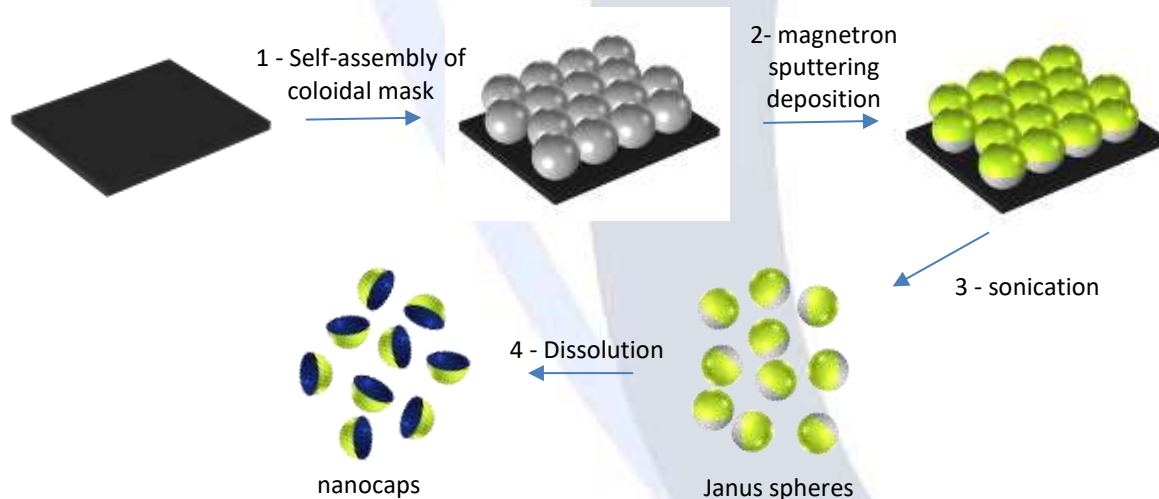


Figura 1 – Esquema do método de preparação dos sistemas Janus e nanocalotas a partir de litografia coloidal.

Como representado na Figura 1, em um substrato de plano ( $\text{SiO}_2$  por exemplo) (1 – na figura 1) sobre o qual é depositado um arranjo auto-organizado de esferas de poliestireno. (2 – na figura 1) Sobre essas esferas é depositado, por magnetron sputtering, multicamadas de acordo com o interesse específico. Um esquema do que pode ser depositado é apresentado na Figura 2. Nessa figura estão representadas a sobreposição de 3 filmes finos de materiais diferentes, a camada mais externa (convexa) é composta pelo material 1, a intermediária por um filme magnético, e a interface côncava pelo material 2. (3 – na figura 1) Após sonicação do substrato em água, as esferas são removidas, formando um sistema em suspensão de nanopartículas Janus. Essas esferas Janus possuem uma das metades composta pela por uma superfície formada pela última camada do filme depositado (no exemplo o material 1) e a outra pelo poliestireno original

da esfera. (4 – na figura 1) A esfera pode ser dissolvida, por ataque químico seletivo, formando uma suspensão de nanocalotas Janus, onde a parte convexa da calota é a última camada depositada (material 1) e a côncava a primeira camada depositada pelo sputtering (material 2, no exemplo).

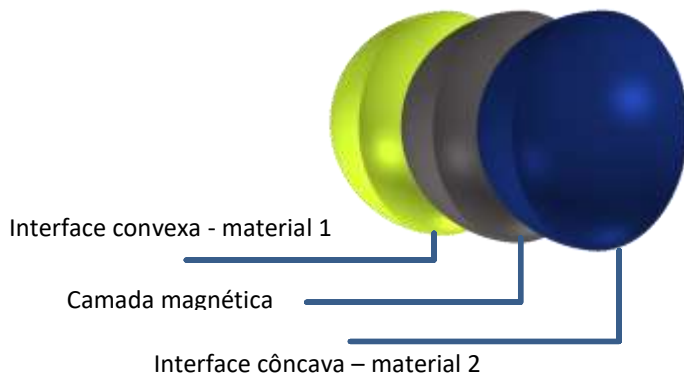


Figura 2 – Representação de uma calota formada por uma tricatada depositada por sputtering sobre o arranjo de esferas de poliestireno. Nesse caso, um material magnético é sanduichado por dois materiais diferentes, 1 e 2.

Esse método de preparação de amostras Janus tem como grande vantagem ser muito simples, rápido e extremamente versátil. Basicamente, de acordo com o interesse específico, seja este mais fundamental ou aplicado, podemos escolher os materiais mais adequados para que um dado fenômeno se manifeste e depositá-los sobre as esferas.

Esses sistemas vêm sendo preparados de forma sistemática no escopo da tese de doutorado do aluno do CBPF Wesley Jalil. Micrografia eletrônica de varredura, tanto da esfera Janus, quanto da calota Janus é apresentado na Figura 3.

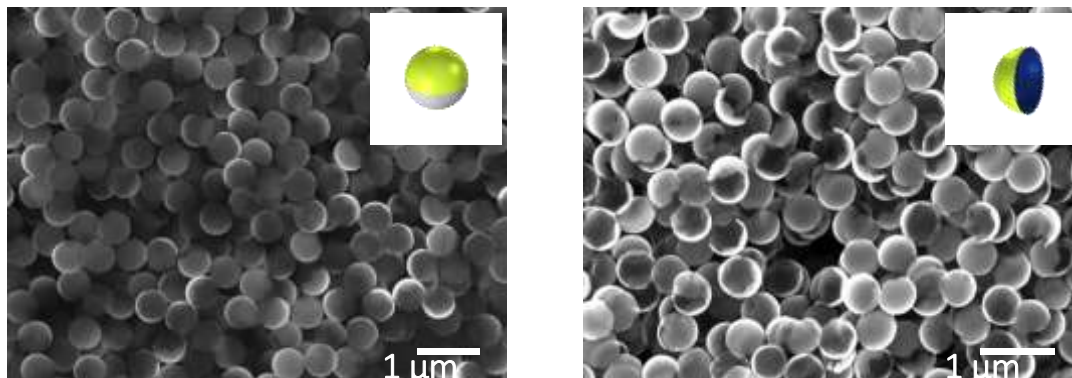


Figura 3 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando, na direita um arranjo de esferas Janus, formada por uma tricatada, Au/Ni<sub>0.8</sub>Fe<sub>0.2</sub>/Ta sobre uma esfera de poliestireno com 500 nm de diâmetro, e, na esquerda, a calota após a dissolução da esfera.

Uma interessante aplicação de sistemas Janus é a fabricação de micro(nano)motores (MM) com auto propulsão. Literatura atual mostra progressos recentes em nano(micro)motores autônomos e autopropulsados criado a partir de sistemas Janus, os quais são capazes de converter energia química ou luminosa em movimento mecânico. Pesquisas relacionadas ao estudo da cinética de micro e nano dispositivos como esses estão na fronteira da ciência dos materiais e são de interesse continuamente crescente. Isso decorre, em grande medida, por serem esses nano e micromotores de grande potencial em aplicações biomédicas, extração de petróleo, meio ambiente, entre muitas outras. Algumas das possibilidades e interesses nesses nano e micromotores podem ser verificados na revisão da referência 1.

Nesse projeto propomos como **objetivo principal** a fabricação de micromotores (MM) feitos a partir de partículas Janus magnéticas, fabricadas por litografia coloidal e autopropulsado por foto-catálise. O **segundo objetivo** é o estudo sistemático de sua dinâmica, em função de sua atividade fotocatalítica e de efeitos de campo magnéticos aplicados. Para que esse objetivo seja realizado, algumas metas devem ser atingidas. Essas são destacadas abaixo:

Meta 1 – Estudo da composição dos materiais a serem empregados

Meta 2 – Fabricação do micromotor

Meta 3 – Observação do movimento dos micromotores por microscopia óptica

Meta 4 – Estudo das trajetórias dos MM em função dos parâmetros fotocatalíticos

Meta 5 – Direcionamento dos MM por meio de campo magnético externo

### 3 - Metodologia

#### 3.1 – Estudo da composição dos materiais a serem empregados

A propulsão por fotocatalise parte da ideia de dois materiais distintos (por exemplo Au e TiO<sub>2</sub>), quando iluminados com uma radiação adequada (luz visível), reagirem com o meio, nesse caso água, dissociando a molécula e gerando microbolhas de gás (H<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>). Como o sistema Janus a reação fotocatalítica se dará somente em um dos hemisférios da esfera, essas bolhas serão expelidas em uma dada direção e haverá uma propulsão da partícula Janus a outra direção, por conservação do momento.

A primeira ideia desse projeto é a realização de uma extensa pesquisa bibliográfica, buscando, os melhores materiais, o comprimento de onda da radiação, além da melhor configuração para que essa fotocatalise seja otimizada.

#### 3.2 – Fabricação do micromotor

Como os parâmetros de deposição otimizado, utilizando a metodologia já empregada no trabalho de doutorado de Wesley Jalil, produziremos as esferas Janus, assim como as calotas Janus.

#### 3.3 – Observação do movimento dos micromotores por microscopia óptica

De posse dos micromotores, utilizando microscópios ópticos, de forma análoga ao que é feito pelo grupo de bactérias magnetotáticas do CBPF, observaremos, quando iluminados os micromotores com o comprimento de onda adequado, o movimento e a origem do movimento desses micromotores.

#### 3.4 – Estudo das trajetórias dos MM em função dos parâmetros fotocatalíticos

A ideia nesse ponto é estudar as trajetórias dos MM em função dos parâmetros das partículas Janus, tais como, espessura das camadas, ordem das camadas, intensidade da radiação, condição do meio (água) entre outros. Em função do estudo das trajetórias, buscaremos otimizar os parâmetros de fotocatalise.

#### 3.5 – Direcionamento dos MM por meio de campo magnético externo

Após a otimização dos parâmetros da fotocatalise, pretendemos analisar como direcionar os MM utilizando para tanto campos magnéticos adequadamente aplicados. Nesse ponto, utilizaremos a mesma sistemática utilizada pelo grupo de bactérias magnetotáticas.

### Referências

[1] *Nanoscale*, 2018, **10**, 16398-16415 - <https://doi.org/10.1039/C8NR05196H>

