



**FAPESP**  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**B Ramos**<sup>1</sup>, CAP Alves<sup>2</sup>, AL Barbosa<sup>2</sup>, AA Bernardes<sup>2</sup>, AL da Silva<sup>2</sup>, ACSC Teixeira<sup>3</sup>, D Gouvêa<sup>2</sup>, GC de Assis<sup>3</sup>, GV Olivieri<sup>1</sup>, JGR Poço<sup>1</sup>, PH Palharim<sup>4</sup>, R Condotta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da USP

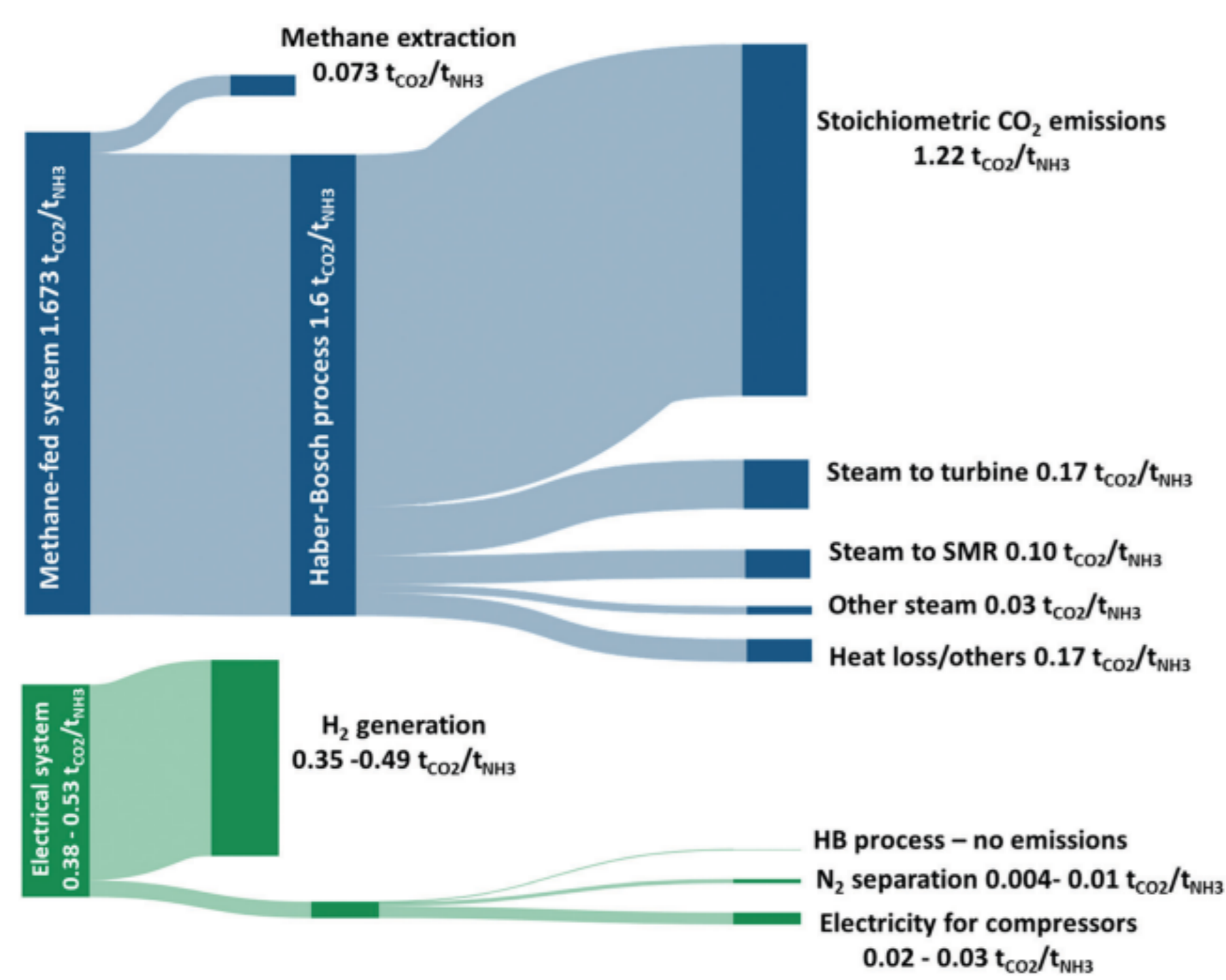
<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da USP

<sup>4</sup>Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC

23/14214-4 (Fev/2024 – Jan/2026)

## RESUMO

A produção de amônia emite cerca de **1,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada** produzida, contribuindo significativamente às mudanças climáticas. Porém, além de essencial para a agricultura, a amônia é um eficiente carregador de hidrogênio, oferecendo soluções para energia limpa. Este projeto explora a **produção fotocatalítica de amônia a partir de nitrogênio molecular e água**, eliminando etapas intensivas do processo Haber-Bosch, usando **catalisadores e reatores de baixo impacto ambiental** e alta eficiência. Esta abordagem permite reduzir drasticamente emissões de GEE e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, **fomentando a transição para uma agricultura mais sustentável e novas fontes de hidrogênio**.

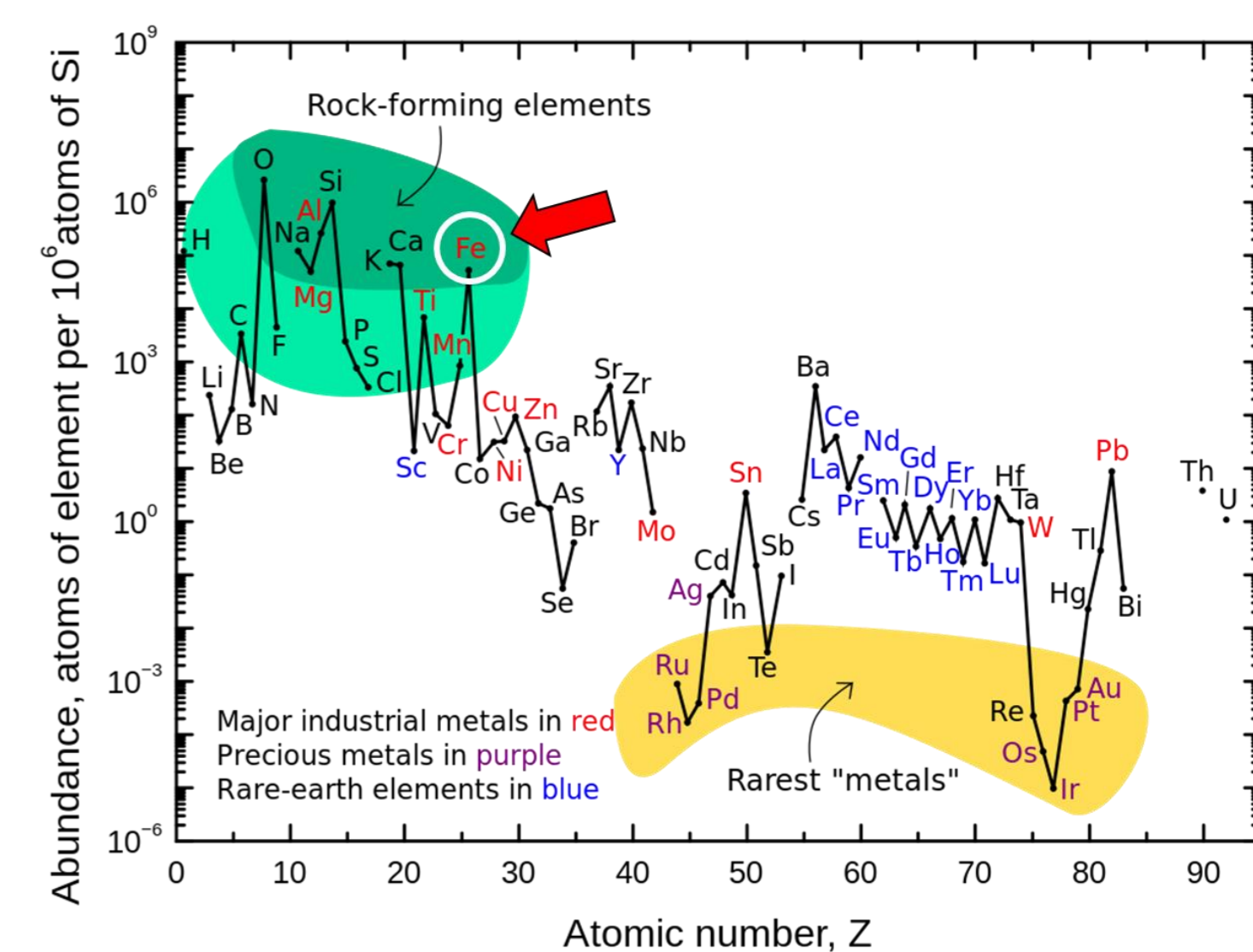
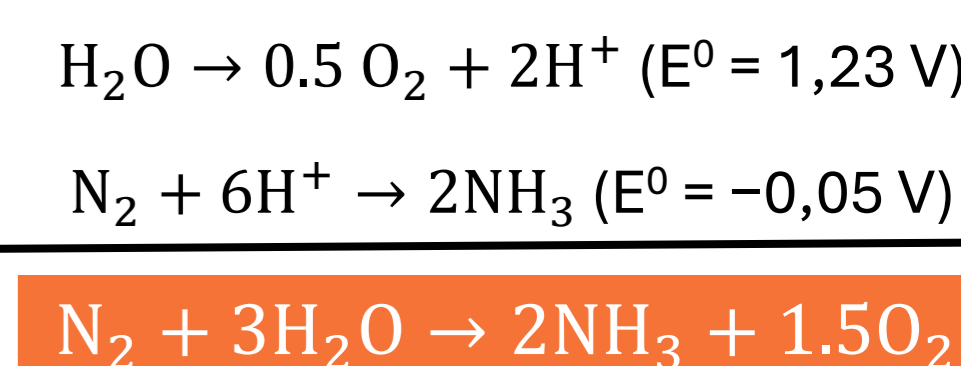
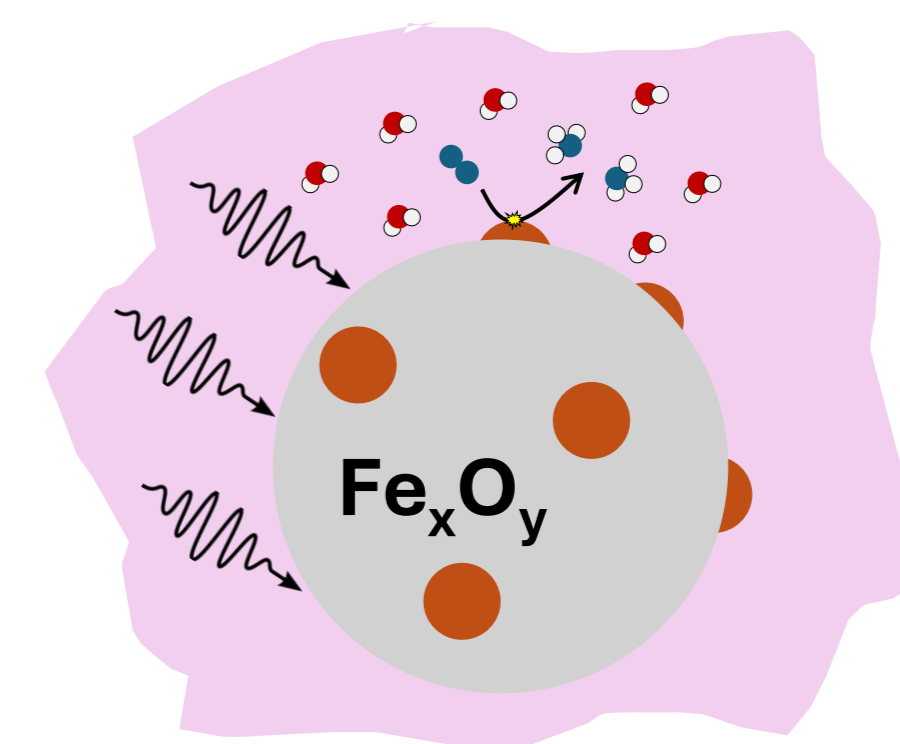
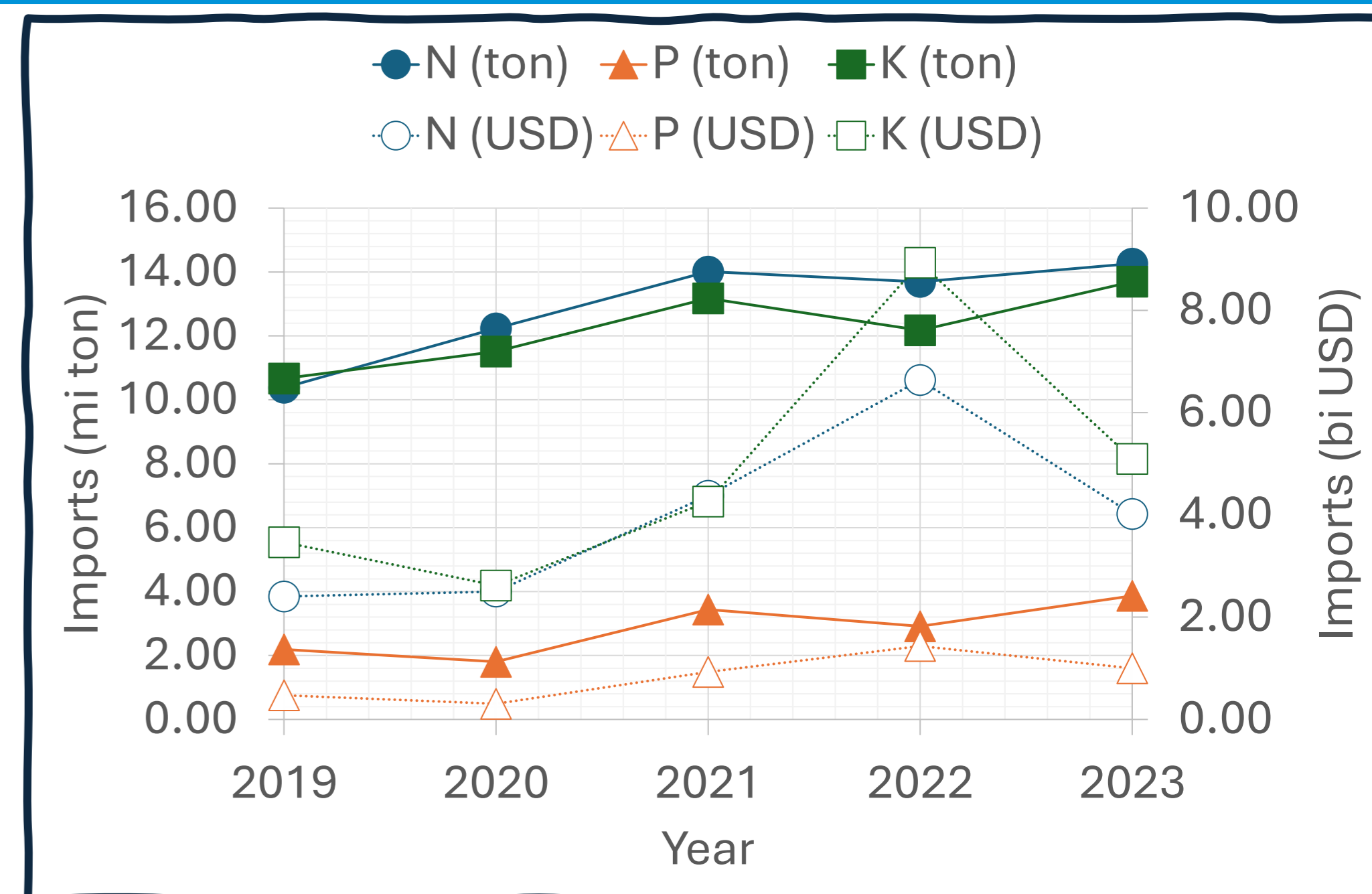


## MOTIVAÇÃO

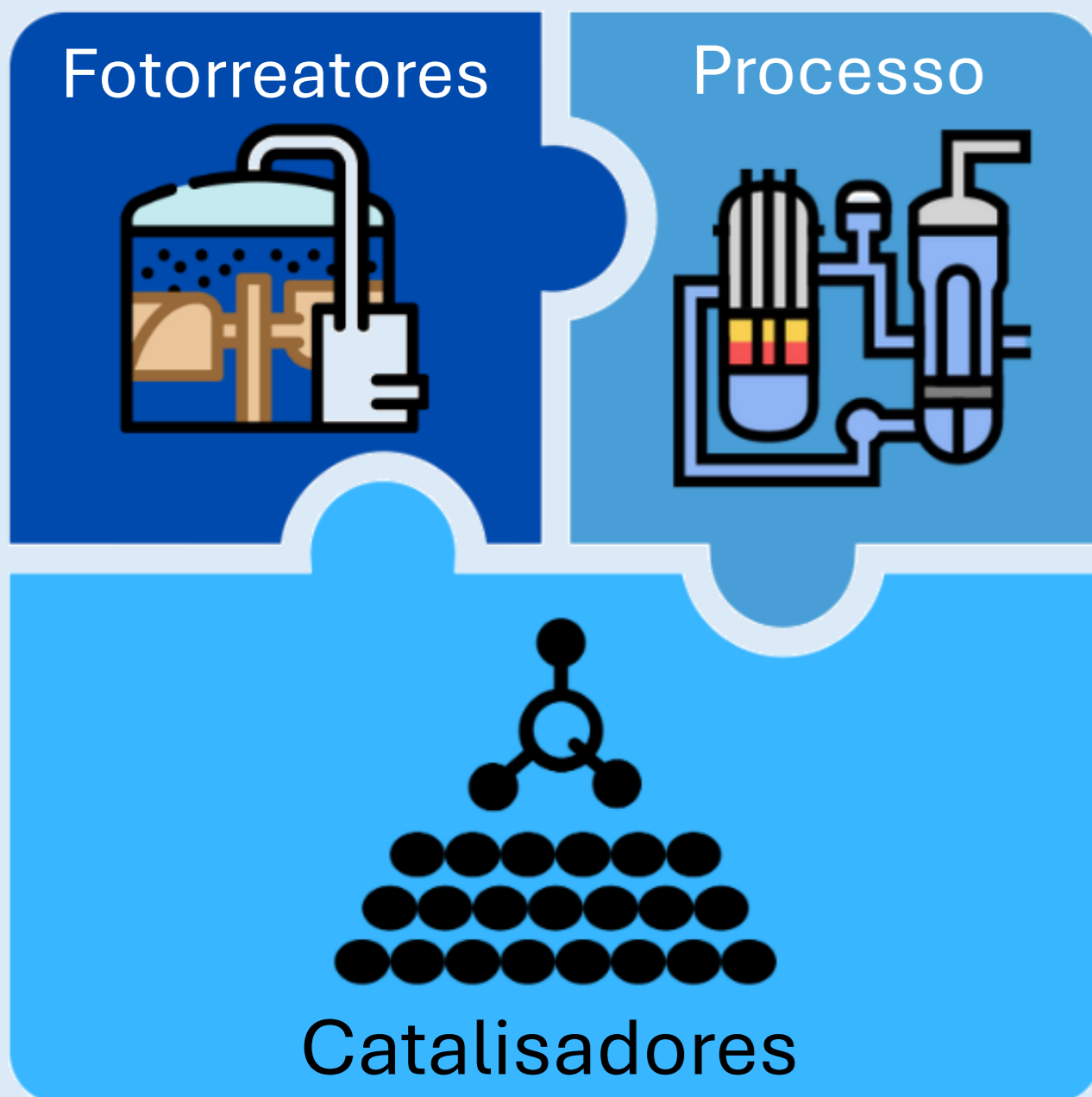


4º maior exportador de alimentos  
1º exportador de soja  
Alimentamos ca. **10% do mundo**  
Mas **importamos >85%** dos fertilizantes que utilizamos

- A amônia (NH<sub>3</sub>) é uma das principais commodities, **com crescimento esperado de 37%** até 2050, atingindo 253 mi ton anuais.
- Usado majoritariamente (>80%) na **indústria de fertilizantes**.
- O uso energético vem aumentando, com projeções de **ca 1/4 do uso final** em 2050 dedicado ao transporte marítimo e internacional.
- A produção convencional (Haber-Bosch) é **extremamente intensiva**.
- A **fotocatálise** se mostra como uma alternativa sustentável, com a possibilidade do uso de elementos não-raros.



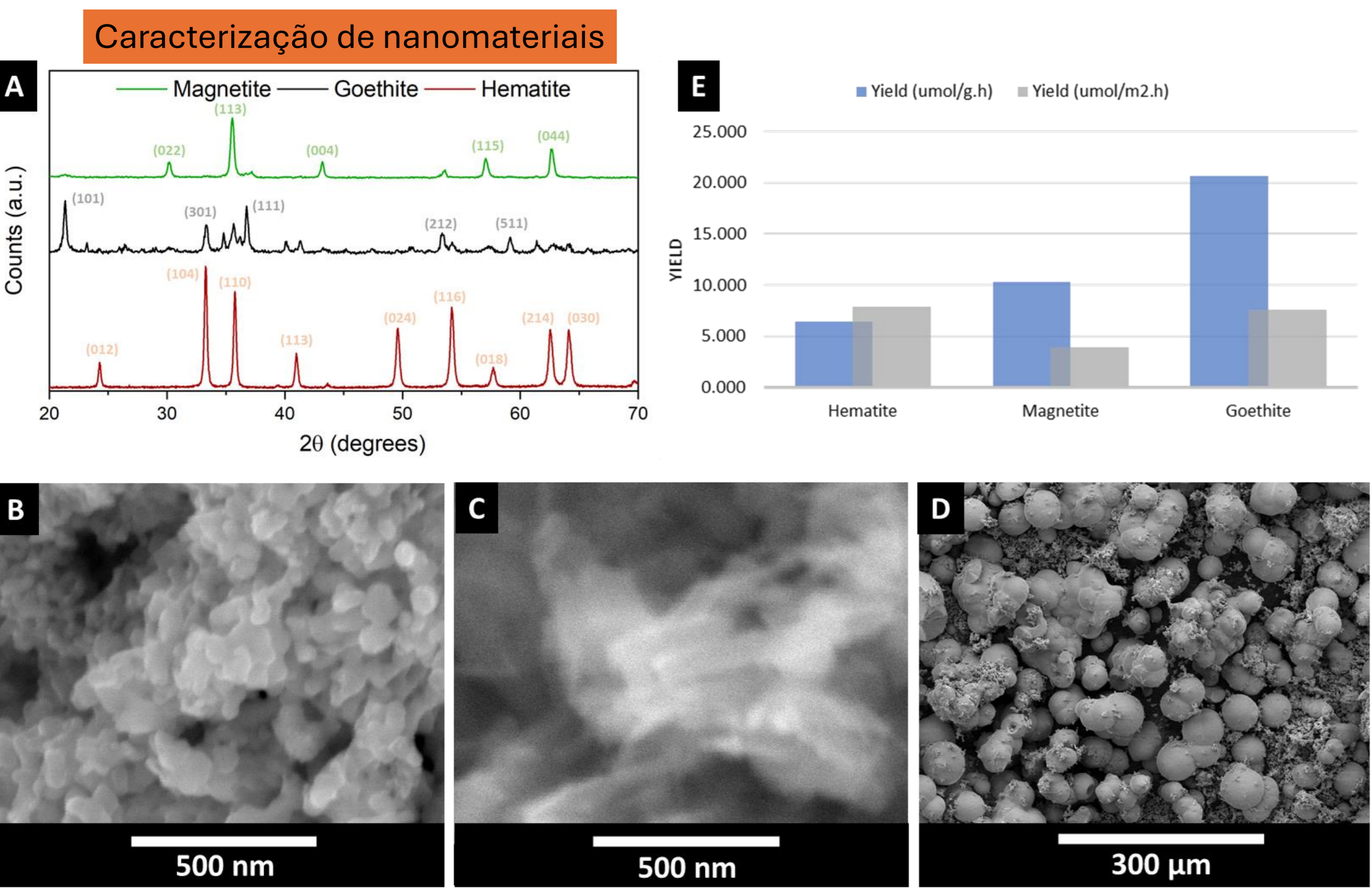
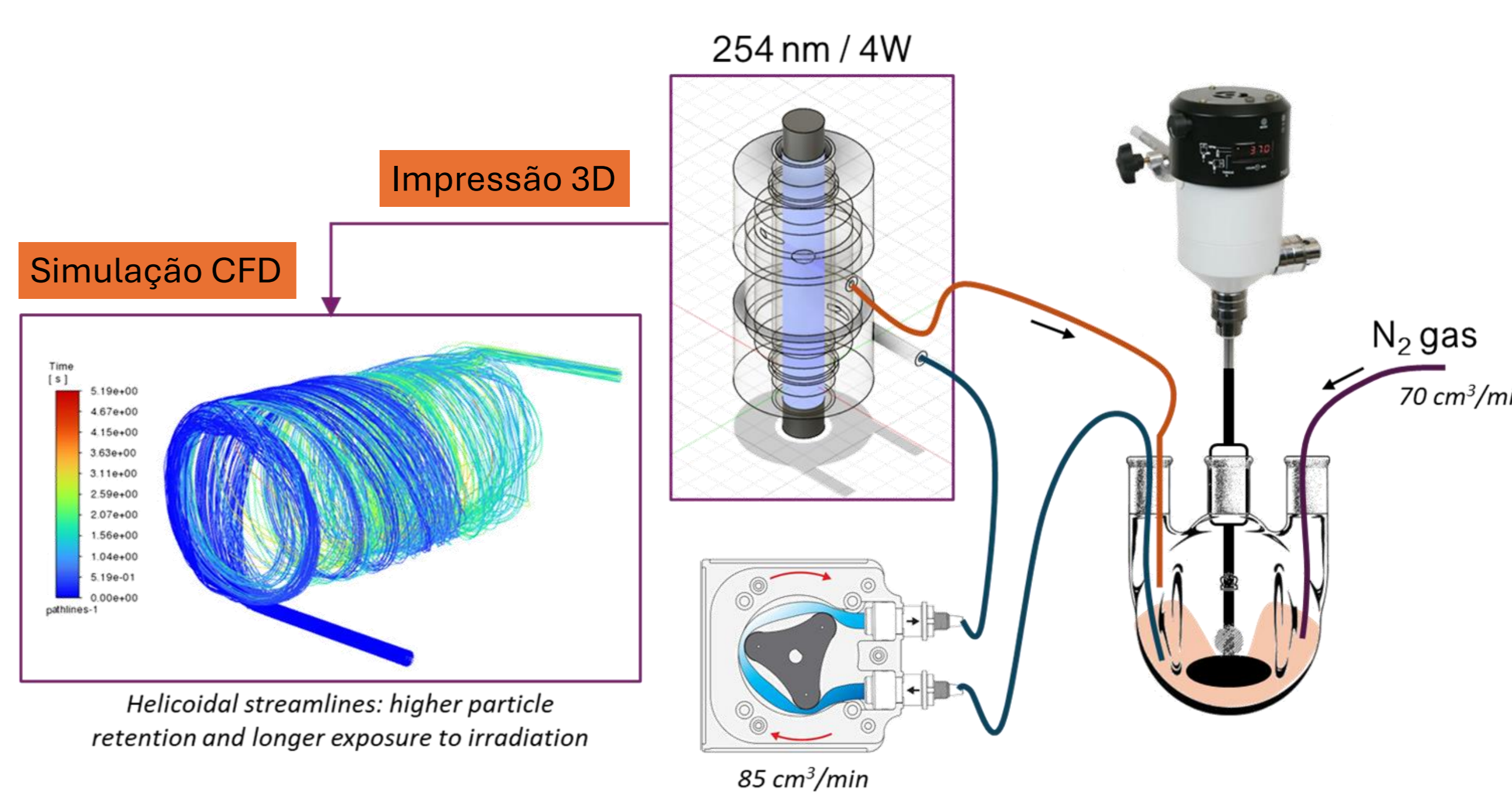
## DESAFIOS E QUESTÕES DE PESQUISA



**TRL 1 > TRL 4**

- Desenvolver catalisadores sustentáveis e eficientes**
  - O material utilizado é sustentável? O método de síntese é escalonável?
  - Como o rendimento se compara ao processo atual?
- Desenvolver reatores otimizados para a fotocatalise**
  - É possível fixar o catalisador em um leito fixo?
  - Como otimizar o aproveitamento de fótons sem prejuízo da produtividade?
- Desenvolver o sistema químico e o processo**
  - É possível aumentar a eficiência utilizando aditivos de reação?
  - Quais operações são necessárias para recuperar o produto?
  - Como reaproveitar o reagente não-reagido e recuperar o catalisador?

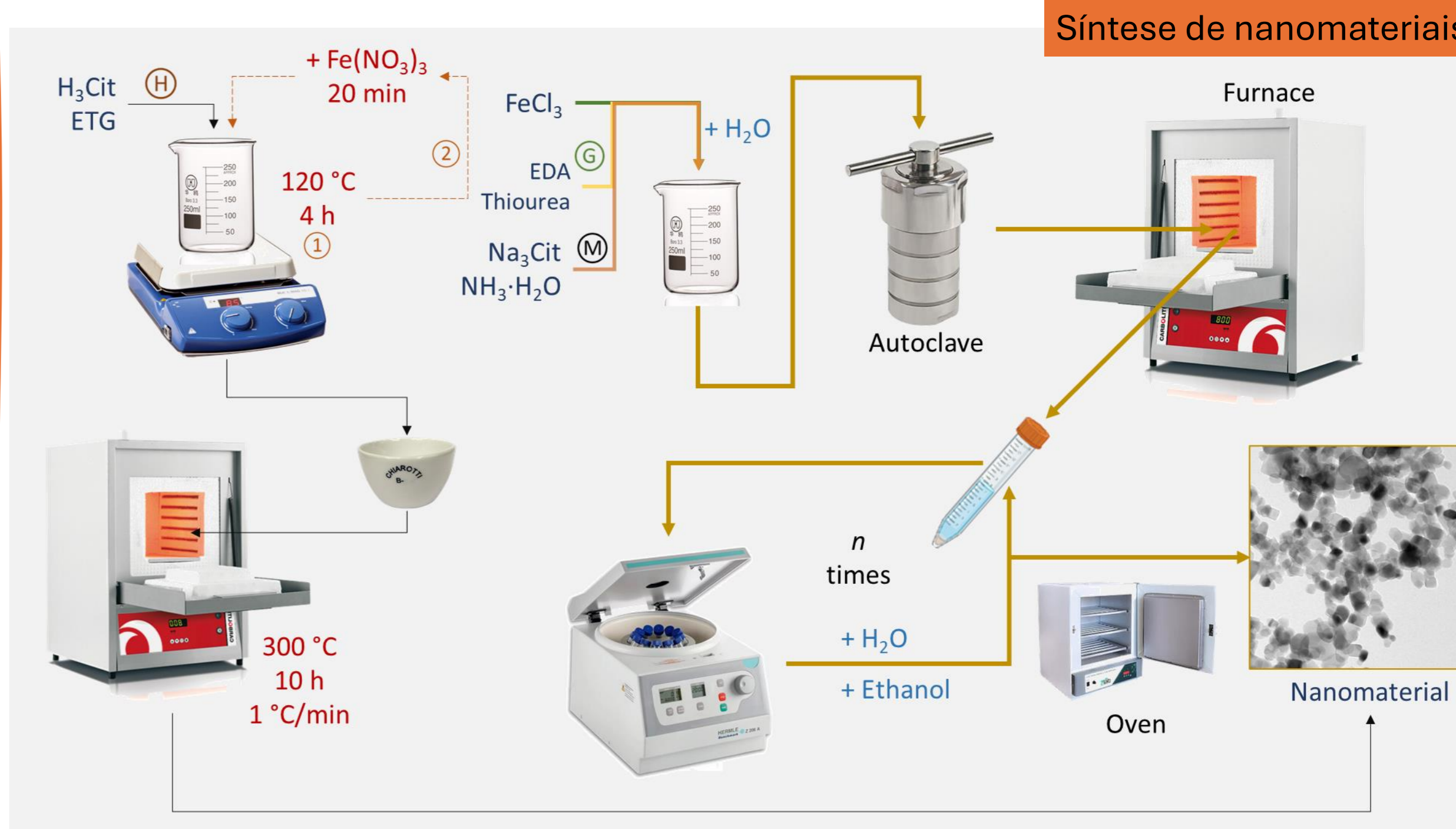
## RESULTADOS PRELIMINARES



**Seleção de um catalisador**  
**Prova-de-conceito**  
Rendimento de **20,6 μmol/g.h**  
HB: 305000 μmol/g.h (!)  
Melhor fotocatalisador: 1380 μmol/g.h

↓

Otimização do catalisador  
Otimização do sistema de reação



## AGRADECIMENTOS

FAPESP  
Alunos de Iniciação Científica, técnicos de laboratório e colegas dos grupos de pesquisa  
Fundação Educacional Inaciana "Pe. Sabóia de Medeiros"

## Instituições



Maiores informações sobre o grupo de pesquisa:



## APOIO

