



PLANO DE TRABALHO

Processo SEI nº 23075.016094/2022-84

I. DADOS CADASTRAIS

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Coordenador: Helton José Alves

Unidade proponente: Departamento de Engenharias e Exatas

Unidade gestora: Setor Palotina

Instituição1: FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PARA O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA, DA TECNOLOGIA E DA CULTURA (FUNPAR)

Instituição2: EMPRESA NEXT CHEMICAL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS QUÍMICOS LTDA.

Coordenador/Gestor: Anne Elize Puppi Stanislawczuk

II. IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO

Título: Estudo envolvendo o uso de nanopartículas de sílica no preparo de suportes mesoporosos de catalisadores para a produção de hidrogênio a partir da reforma do biogás.

Tipo de projeto: Desenvolvimento Tecnológico e Estímulo à Inovação, nos termos da [Lei n. 10973/2004](#).

Início: 06/2022

Término: 03/2027

Produto final esperado: O produto final consiste em um catalisador adequado para promover a produção de hidrogênio verde a partir do biogás, utilizando nanopartículas de sílica, atualmente produzidas e comercializadas pela empresa parceira. Ao final da parceria se espera obter um produto inovador, não disponível no mercado, com potencial para ser escalonado.

III. DIAGNÓSTICO E ABRANGÊNCIA

Vários trabalhos anteriores a esta parceria já foram realizados pelo LABMATER envolvendo a síntese, a caracterização e a aplicação de catalisadores para a reforma a seco do biogás, visando a produção de hidrogênio verde. Nos últimos trabalhos, foi obtido um catalisador ativo e estável para o tipo de reação de interesse. Entretanto, os suportes catalíticos obtidos nestes trabalhos, utilizavam precursores de silício para o preparo da sílica (SiO₂) mesoporosa, baseados em produtos comerciais de elevado custo (tetraetilortossilicato - TEOS), sílica pirolisada (amorfa), ou fontes residuais de sílica com tamanho de partículas relativamente elevado (cinza de casca de arroz, por exemplo), o que dificulta sua dissolução no meio reacional. Embora o desempenho do catalisador tenha sido promissor na reforma do biogás, o metal ativo utilizado (níquel), formou clusters na superfície do material, o que pode ter contribuído para a formação de certa quantidade de coque (carbono elementar indesejado), observada após algumas horas de reação.

Portanto, a parceria com a Next Chemical permitirá o uso de nanopartículas de sílica que são produzidas e comercializadas pela empresa, no preparo de suportes catalíticos, buscando substituir os precursores de silício convencionais. As vantagens que podem ser relacionadas consistem na maior facilidade de dissolução das nanopartículas de sílica durante a síntese do suporte catalítico, o que permitirá a precipitação de novas partículas ao final do processo, obtendo um catalisador diferenciado, com partículas de tamanho mais controlado e uniforme, o que deve incrementar sua atividade catalítica e estabilidade, a um custo inferior. Também será adicionado um segundo metal ativo no preparo do catalisador (bimetálico), o que, em conjunto com a maior uniformidade das partículas do suporte, pode contribuir para uma estabilidade superior do material em elevadas temperaturas, favorecendo a reação principal, e reduzindo assim a quantidade de coque formada.

O catalisador desenvolvido será granulado e estruturado para uso em unidade piloto (testes em escala laboratorial, e *escale up* da síntese do catalisador na empresa Next Chemical, para uso em planta piloto).

Dessa forma, se espera evoluir no nível de maturidade tecnológica do catalisador (TRL), passando de um nível TRL 4 para 6.

IV. JUSTIFICATIVA

Atualmente, o biogás tem sido amplamente utilizado para a geração de energia elétrica por meio de sua queima em motores geradores ou em

caldeiras e secadores para a geração de energia térmica, dentre outros. Entretanto, a falta de profissionalização na cadeia do biogás e a baixa eficiência em vários processos de conversão, acabam o tornando um produto de baixo valor agregado. Dessa forma, usos mais nobres para biogás, que o insiram numa rota tecnologicamente mais estabelecida, e que o torne um produto de maior valor agregado têm sido alvo de diversas pesquisas. Neste contexto, a reforma a seco do biogás (ou reforma a seco do metano - RSM) para a produção de gás de síntese é uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental e tecnológico, uma vez que converte dois gases de efeito estufa ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) gerados pela biodigestão anaeróbia da biomassa residual (com composição de 55 a 70% de CH_4 e de 30 a 45% de CO_2), em produtos de interesse industrial como é o caso do gás de síntese ($\text{H}_2 + \text{CO}$), possibilitando desde a obtenção de hidrogênio por sua purificação (com viés no uso em células a combustível), ou a produção de outros combustíveis e produtos químicos de interesse industrial por processos como Fischer Tropsch, dentre outros.

A RSM ocorre a temperaturas entre 700 e 900 °C sob pressão atmosférica, com razão molar CH_4/CO_2 de 1 a 1,5, e razão molar teórica H_2/CO igual a 1, sendo este um dos principais parâmetros que determina as possíveis aplicações do gás de síntese. A RSM é acompanhada de reações paralelas (indesejadas), levando à necessidade do desenvolvimento de catalisadores mais resistentes a desativação por envenenamento e/ou por coque.

Na reação de RSM os catalisadores que usam como fase ativa o níquel e o cobalto têm despertado maior interesse e, apesar de os catalisadores de níquel serem mais vulneráveis à formação de coque e sinterização, apresentam excelente atividade catalítica e baixo custo, dentre outras vantagens.

A sílica mesoporosa Si-MCM-41 apresenta propriedades interessantes, como, estabilidade estrutural em elevadas temperaturas, baixa acidez (ou nula), elevada área específica, elevado volume de poros e distribuição uniforme de tamanho de poros, que a tornam capaz de servir adequadamente como suporte de catalisadores em reações de reforma como é o caso da RSM. As condições de preparo influenciam na obtenção da MCM-41 e, para sua síntese, quatro componentes são utilizados: um solvente, um agente mineralizante, um surfactante direcionador de estrutura e uma fonte de sílica. As fontes de sílica geralmente utilizadas são de origens sintética, como o tetraetilortossilicato (TEOS), ou pirolisadas tipo AEROSIL®, o que encarece muito sua obtenção. Dessa forma, busca-se estudar fontes alternativas de sílica a fim de minimizar os custos de sua produção, viabilizando a produção de catalisadores.

Neste contexto, o LABMATER tem vasta experiência no tema envolvendo a síntese e catalisadores para processos de reforma do biogás. Já foram desenvolvidos catalisadores de Ni suportados em Al_2O_3 , $\text{Mg-Al}_2\text{O}_3$, Si-MCM-41, dentre outros, que apresentaram bons resultados na obtenção de gás de síntese. Para os catalisadores de Ni, os suportes a base de sílica foram os que obtiveram melhores resultados, principalmente com relação ao acúmulo de coque. No caso do suporte Si-MCM-41, os precursores de sílica utilizados nos estudos realizados até o momento foram: TEOS, cinza de casca de arroz e sílica pirolizada (AEROSIL®). Dessa forma, a proposta deste projeto é diferenciada, principalmente porque utilizará nanopartículas de sílica (suspensão ou pó) da empresa Next Chemical na síntese da Si-MCM-41 por distintas rotas (condições ambientes ou hidrotermais). Adicionalmente, os estudos envolvendo o Co como metal ativo, podem resultar na obtenção de um catalisador bi-metálico com desempenho ainda melhor em relação à conversão do biogás em gás de síntese, e com maior resistência ao coque.

Portanto, é de interesse do LABMATER/UFPR desenvolver um produto (catalisador para a RSM) com propriedades superiores às obtidas nos trabalhos anteriores nesta temática, visando a expansão do *know how* do grupo de pesquisa, a formação de recursos humanos, incremento de infraestrutura de pesquisa, etc. Por outro lado a Empresa Next Chemical, possui interesse em utilizar seus produtos à base de nanopartículas de sílica, de forma a agregar ainda mais valor os mesmos, por meio do desenvolvimento de novos produtos estratégicos, inéditos no mercado, com aplicação no setor energético.

V. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Objetivo Geral: O objetivo geral deste projeto é avaliar o potencial de substituição de sílicas ou de precursores de sílica comerciais convencionais, por amostras de nanopartículas de sílica produzidas e fornecidas pela empresa Next Chemical, na síntese de suportes mesoporosos, utilizados no preparo de catalisadores heterogêneos para a reforma catalítica do biogás.

Objetivos Específicos:

1. Sintetizar o suporte Si-MCM-41 utilizando amostras de nanopartículas de sílica (suspensão ou pó);
2. Caracterizar os catalisadores e compará-los quanto suas propriedades físico-químicas, e avaliar como a concentração de elementos metálicos como níquel e cobalto (fase ativa) podem influenciar sobre as propriedades dos catalisadores obtidos;
3. Testar os catalisadores e avaliar o seu desempenho no processo de reforma do biogás ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) para a produção de gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), em condições experimentais padronizadas, utilizando unidade piloto (escala laboratorial);
4. Avaliar o potencial das nanopartículas de sílica na substituição das sílicas precursoras comerciais convencionais, considerando os resultados obtidos nos ensaios reacionais e nas caracterizações realizadas (conversão, seletividade e formação de coque);
5. Subsidiar técnica e cientificamente, decisões envolvendo o *scale up* da produção de catalisadores aplicados à reforma do biogás;
6. *Scale up* da produção do suporte catalítico e síntese do catalisador de reforma a seco do biogás;
7. Aplicação do catalisador sintetizado em planta piloto (validação);
8. Auxiliar no novo aumento da escala de produção do catalisador nas instalações da empresa.

VI. ATRIBUIÇÕES ESPECÍFICAS DOS PARTICIPES

Não se aplica.

VII. RISCOS DE PROJETO

1. Técnico: desempenho do material pode não se apresentar como o esperado, devido à particularidades que podem ocorrer durante a síntese do catalisador, granulação ou durante o seu uso na unidade piloto, devido ao favorecimento de reações paralelas indesejadas;
2. Custo: dependendo do custo das nanopartículas de sílica, o custo do catalisador final pode inviabilizá-lo economicamente;
3. Mercado: a demanda do mercado pelo catalisador pode se concretizar antes do término do projeto.

VIII. RELAÇÃO DE BENS MÓVEIS

Bens móveis e imóveis, da UFPR, disponibilizados ao projeto:

Infraestrutura utilizada	N. Patrimônio UFPR (se couber)	Campus	Servidor Responsável	Matrícula
Instalações e equipamentos do LABMATER	---	Palotina/Centro Politécnico	Helton José Alves	2713423
Valor Ressarcimento UFPR				R\$ 33.693,70

IX. PLANO DE AÇÃO

A. AÇÕES NECESSÁRIAS PARA ATINGIR OS OBJETIVOS

Obj. Espec.	Ação/Tarefa	Mês de execução		Responsável
		Início	Fim	
1	Revisão bibliográfica sobre o tema	01	08	UFPR
	Aquisição da infraestrutura necessária para o desenvolvimento das pesquisas.	01	08	UFPR/Participe
	Síntese dos suportes e dos catalisadores	05	16	UFPR/Participe
2	Caracterização física e química dos materiais	09	20	UFPR/Participe
3	Reações de reforma catalítica do biogás	09	20	UFPR
	Caracterização dos produtos obtidos	09	20	UFPR
4	Caracterização dos catalisadores após utilização e avaliação da estabilidade	13	20	UFPR
5	Análise dos resultados	17	24	UFPR/Participe
6	Redação de relatório de pesquisa	21	24	UFPR
7	Scale up da produção do suporte catalítico e síntese do catalisador de reforma a seco do biogás	25	29	UFPR/Participe
8	Aplicação do catalisador sintetizado em planta piloto (validação)	30	54	UFPR
9	Auxiliar no novo aumento da escala de produção do catalisador nas instalações da empresa.	34	57	UFPR/Participe
10	Scale up dos suportes e dos catalisadores nas instalações da empresa	46	54	UFPR/Participe
11	Análise dos resultados	52	56	UFPR/Participe
12	Redação do relatório final da pesquisa	55	57	UFPR

X. RESULTADOS ESPERADOS

A. ENTREGÁVEIS

Indicador	Quant.
Número de discentes de pós-graduação stricto sensu (nível mestrado) orientados.	01 discente
Número de discentes de graduação orientados.	01 discente
Depositar pedido de proteção intelectual.	1 pedido
Apresentar, ao final do projeto, o Relatório Final.	1 relatório

B. DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE INTELECTUAL

Dentre os resultados esperados, há potencial produto inovador, no desenvolvimento de catalisador para a produção de hidrogênio a partir da reforma do biogás. Para o depósito dos eventuais pedidos de proteção intelectual associados ao projeto, será solicitado o apoio da Superintendência de Parcerias e Inovação, por meio da Agência de Inovação UFPR. A propriedade intelectual e a participação nos resultados acima referidos serão asseguradas na proporção equivalente à contribuição de cada partícipe no projeto, que neste caso é de 50% da UFPR e 50% da empresa Next Chemical. A titularidade da propriedade intelectual oriunda deste projeto e a participação nos resultados de sua exploração comercial deverão estar devidamente previstas em instrumento jurídico específico, assegurando aos partícipes o direito à exploração, ao licenciamento e à transferência de tecnologia, observado o disposto no art. 6º da Lei nº 10.973/2004.

PLANO DE TRABALHO ANEXO I - EQUIPE TÉCNICA (NÚCLEO ESSENCIAL)

I. EQUIPE UFPR (mín. 2/3)

A. SERVIDORES UFPR (servidor ativo da UFPR, docente ou técnico-administrativo, contemplado ou não com a concessão de bolsa)

Nome	CPF	Titulação/Área de especialidade	Vínculo(1)	Função no projeto(2)	Participação no projeto			Valor total da bolsa/retribuição (R\$)	PIT (n. doc SEI)
					CH total	Período(3)			
						início	fim		
Helton José Alves	038.649.969-10	Doutorado/Engenharia de Materiais	Docente	Coordenador	192	06/2022	05/2024	---	4549389
Lázaro José Gasparrini	068.055.789-06	Mestrado/Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais	Técnico	Pesquisador	384	06/2022	05/2024	28.800,00	4559404
Helton José Alves (1º TA)	038.649.969-10	Doutorado/Engenharia de Materiais	Docente	Coordenador	72	06/2024	03/2025	12.600,00	6729496
Lázaro José Gasparrini (1º TA)	068.055.789-06	Mestrado/Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais	Técnico	Pesquisador	144	06/2024	03/2025	18.000,00	6729504

(1) Pesquisador; Auxiliar Técnico; ou [...]

(2) indicar o número do mês. Por exemplo, em um acordo com vigência de 24 meses, se a ação for executada do primeiro ao décimo mês, basta indicar início mês 1 e final mês 10; se for executada do oitavo ao vigésimo mês, indicar início mês 8 e final mês 20 - dessa forma, não será necessário atualizar as datas no plano de trabalho já que o mês 1 sempre será atrelado ao mês de assinatura do acordo.

(3) RPA/RPCI ou CLT.

**PLANO DE TRABALHO
ANEXO II - ORÇAMENTO**

I. PLANO DE APLICAÇÃO

A. ESTIMATIVA DE RECEITA

Origem do Recurso	Captação direta na fundação
Valor estimado	R\$ 449.370,00

B. ESTIMATIVA DE DESPESA

R\$1,00

ESTIMATIVA DE DESPESAS										
Natureza da Despesa		Especificação Técnica	Finalidade	Período/Mês (estimado para aquisição/realização da despesa)	Quant.	Unid.	Valor Unitário	Recurso a ser gerenciado		Total
Elemento	Descrição							FUNPAR	UFPR	
<i>Despesas Correntes / Outras / Aplicações Diretas</i>										
3390.14.00 Diárias										
3390.14.14	Diárias Nacional		Estadia para acompanhamento de testes na planta piloto		32	1	350,00	11.200,00		11.200,00
3390.14.16	Diárias Internacional									
Subtotal 1								11.200,00		11.200,00
3390.18.00 Auxílio Financeiro a Estudantes (os itens desta rubrica são isentos do ressarcimento UFPR)										
3390.18.99	Alunos de Graduação	graduando	Participação como pesquisador	Do mês 25 ao 33	9	bolsas	1.400,00	12.600,00		12.600,00
3390.18.99	Alunos de Graduação	graduando	Participação como pesquisador	Do mês 34 ao 45	12	bolsas	1.400,00	16.800,00		16.800,00
3390.18.99	Alunos de Graduação	graduando	Apoio ao pesquisador	Do mês 46 ao 57	12	bolsas	1.400,00	16.800,00		16.800,00
3390.18.99	Alunos de Pós-Graduação	mestrado	Participação como pesquisador	Do mês 01 ao 24	24	bolsas	2.000,00	48.000,00		48.000,00
Subtotal 2								94.200,00		94.200,00
3390.30.00 Material de Consumo										
3390.30.09 Material Farmacológico										
3390.30.04	Gás e outros materiais engarrafados	Argônio; dióxido de carbono; ar sintético; metano	Misturas gasosas padrão utilizadas em análises cromatográficas e nas caracterizações dos materiais	25	1	1	10.200,00	10.200,00		10.200,00
3390.30.28	Material de Proteção e Segurança	Jaquetas	Isolamento térmico	Do mês 01 ao 04	1	1	7.045,92	7.045,92		7.045,92
3390.30.11	Material Químico	Aquisição de reagentes e solventes: TMAOH, TEOS, CTMABr, etanol, metanol, ácidos, sais hidratados de Ni e de Co, óxidos, etc.	Materiais químicos para sínteses dos catalisadores	Do mês 01 ao 04	---	---	6.000,00	6.000,00		6.000,00
3390.30.16 Material de Expediente										
3390.30.35	Material de Laboratório	Vidrarias, filtros, membranas materiais diversos, etc.	Ensaio	Do mês 01 ao 04	---	---	2.500,00	2.500,00		2.500,00
3390.30.36 Material Hospitalar										

3390.39.63	Serviços gráficos e editoriais										
3390.39.81	Serviços bancários										
3390.39.90	Serviços de Publicidade Legal	Publicação de editais de aquisições			1	1	1.500,00	1.500,00			1.500,00
3390.39.69	Seguros em geral	Seguro para alunos			1	1	31,20	31,20			31,20
3390.39.99	Reforma predial										
3390.39.99	Despesas Acessórias com Importação										
Subtotal 7.1								26.531,20			26.531,20
Valor limite para ressarcimento de custos da Fundação											
3390.39.79	Ressarcimento dos custos operacionais da Fundação de Apoio (limitado à)						52.856,92	52.856,92			52.856,92
Subtotal 7.2								52.856,92			52.856,92
Subtotal 7 (7.1+7.2)								79.388,12			79.388,12
Despesas de Capital / Investimentos / Aplicações Diretas											
4490.51.00	Obras e Instalações (os itens desta rubrica são isentos do ressarcimento UFPR)										
4490.51.xx	Novas instalações										
Subtotal 8											
4490.52.00	Equipamentos e Material Permanente (os itens desta rubrica são isentos do ressarcimento UFPR)										
4490.52.08	Aparelhos e Equip. e Utensílios Médicos, Odontológicos, Laboratorial e Hospitalar	Forno elétrico, agitador, outros			1	1	17.591,78	17.591,78			17.591,78
4490.52.35	Equip. Processamento de Dados	Notebook			2	1	5.954,11	11.908,22			11.908,22
Subtotal 9								29.500,00			29.500,00
Outros											
3390.39.65	Ressarcimento UFPR										
Fundo de Desenvolvimento Acadêmico - FDA	Nos termos da Resolução 41/17-COPLAD	conforme cronograma de desembolso					4%	13.477,48			13.477,48
Ressarcimento da UFPR	Nos termos da Resolução 41/17-COPLAD	conforme cronograma de desembolso					2%	6.738,74			6.738,74
Unidade proponente (departamento)	Nos termos da Resolução 41/17-COPLAD	conforme cronograma de desembolso					2%	6.738,74			6.738,74
Unidade gestora (setor)	Nos termos da Resolução 41/17-COPLAD	conforme cronograma de desembolso					2%	6.738,74			6.738,74
Subtotal 10								33.693,70			33.693,70
TOTAL [Subtotal1 + Subtotal2 + (...) + Subtotal10]								449.370,00			449.370,00

C. DETALHAMENTO DE OBRA (SE HOUVER)

Não se aplica.

II. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

A. PREVISÃO DO TOTAL DE ARRECADAÇÃO NA FUNDAÇÃO/UFPR

R\$1,00

VALOR/MÊS											
1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
60.000,00						55.000,00					
13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º
37.250,00						25.000,00					
25º	26º	27º	28º	29º	30º	31º	32º	33º	34º	35º	36º
50.000,00			24.000,00				15.000,00		13.560,00		24.000,00
37º	38º	39º	40º	41º	42º	43º	44º	45º	46º	47º	48º
		18.000,00				18.000,00	18.000,00		13.560,00		24.000,00

49º	50º	51º	52º	53º	54º	55º	56º	57º	58º	59º	60º
		18.000,00			18.000,00		18.000,00				
TOTAL GERAL										R\$ 449.370,00	

B. RECURSO REFERENTE AO RESSARCIMENTO UFPR (A SER REPASSADO DA FUNDAÇÃO PARA UFPR, QUANDO ARRECADAÇÃO NA FUNDAÇÃO)

R\$1,00

VALOR/MÊS											
1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
							2.285,00				
13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º
	2.285,00					2.285,00		4.570,00			
25º	26º	27º	28º	29º	30º	31º	32º	33º	34º	35º	36º
2.213,34			2.213,33				2.213,30		1.599,74		1.599,74
37º	38º	39º	40º	41º	42º	43º	44º	45º	46º	47º	48º
		1.599,75			1.599,75		1.599,75		1.130,00		2.000,00
49º	50º	51º	52º	53º	54º	55º	56º	57º	58º	59º	60º
		1.500,00			1.500,00		1.500,00				
TOTAL GERAL										R\$ 33.693,70	

(assinado eletronicamente)

Prof. Helton José Alves
Coordenador do projeto

Ciente e de acordo,

(assinado eletronicamente)

Chefe do Departamento



Documento assinado eletronicamente por **HELTON JOSE ALVES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/12/2025, às 08:53, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO ANDRE SCHULZ, CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E EXATAS**, em 05/12/2025, às 15:38, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **8440158** e o código CRC **3E186E97**.