



Células de óxido sólido criadas no Ipen para converter metano em etileno

Um uso nobre para o metano

Nova rota pode transformar importante gás gerador do efeito estufa em insumo para a fabricação de plásticos e combustíveis sintéticos

DOMINGOS ZAPAROLLI

Uma equipe do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), de São Paulo, desenvolveu uma rota eletroquímica para converter gás metano (CH_4) em etileno (C_2H_4) e gás de síntese. O primeiro é um insumo básico da indústria de plásticos e solventes químicos; o segundo é uma mistura de hidrogênio (H_2) e monóxido de carbono (CO) e é utilizado na produção de fertilizantes e de combustíveis sintéticos, como metanol e combustível sustentável de aviação (SAF). O método proposto pode abrir caminho para a produção mais econômica e com menor impacto ambiental de etileno e gás de síntese.

Derivado do petróleo, o etileno é uma das moléculas mais usadas do mundo. Em 2024 foram produzidas mais de 170 milhões de toneladas e a consultoria norte-americana Market Research Future (MRFR) estima uma expansão de 5,3% ao ano até 2035.

O método predominante para a fabricação de etileno recorre ao craqueamento térmico a vapor em refinarias petroquímicas. Durante esse processo,

as grandes moléculas de petróleo são quebradas com o uso contínuo de alta temperatura, entre 400 graus Celsius (°C) e 800 °C. O craqueamento térmico do petróleo, que dá origem ao insumo, é uma das principais fontes de emissão de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera.

“A busca por rotas alternativas com menor impacto ambiental para a obtenção de etileno e outros hidrocarbonetos é uma preocupação global. Muitos núcleos de pesquisa estão direcionando seus esforços para obter métodos mais amigáveis ao ambiente”, diz o físico Fabio Coral Fonseca, gerente do Centro de Células a Combustível e Hidrogênio do Ipen e coordenador da pesquisa, que teve parceria da Universidade Federal do ABC (UFABC).

A principal rota estudada em centros ao redor do mundo para a conversão direta do metano em etileno é a catalítica. Nela, o metano reage com o oxigênio na presença de catalisadores óxidos metálicos sob alta temperatura, em torno de 800 °C. Catalisadores são substâncias que promovem a reação entre reagentes químicos, sem serem consumidos no processo.

Diferentes combinações de catalisadores já foram testadas em laboratório, mas nenhuma se mostrou adequada. Segundo Fonseca, os resultados de vários estudos realizados obtiveram a conversão do metano em etileno, mas com baixo desempenho. “O resultado típico dos testes é uma grande queima de metano e baixa obtenção de etileno. Não é um processo maduro, viável industrialmente”, afirma.

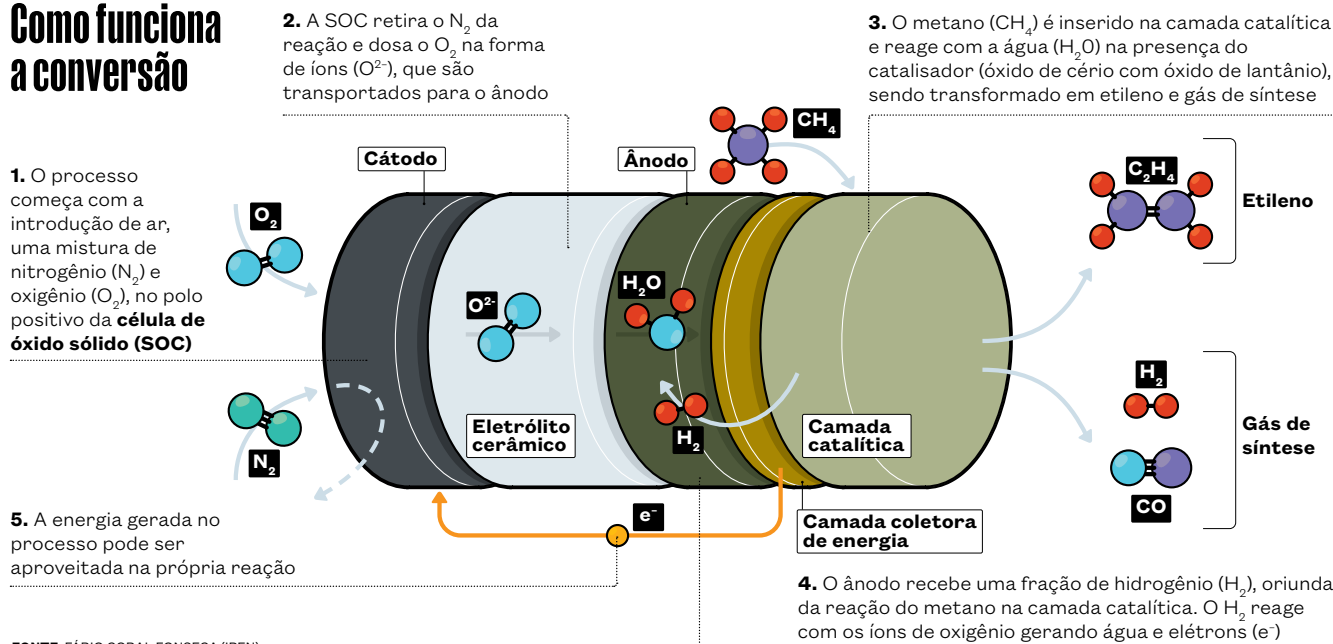
A rota do Ipen também é um processo catalítico, mas recorre a reatores de célula de óxido sólido (SOC) para realizar a conversão do metano. As

Abundante no planeta, o gás metano responde por cerca de 90% da composição do gás natural

SOC são dispositivos eletroquímicos cerâmicos que operam em altas temperaturas, também por volta de 800 °C. Ela é composta por um cátodo, um ânodo e um eletrólito cerâmico. Como explica Fonseca, o primeiro passo é introduzir ar – uma composição de nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂) – no cátodo. Na sequência, a SOC retira o nitrogênio do processo e dosa o oxigênio na forma de íons. Esses íons reagem com o gás metano introduzido no ânodo, onde se encontra o catalisador – uma mistura dos óxidos de cério e lantânio, dois elementos de terras-raras abundantes e acessíveis. A reação do metano na presença do catalisador gera etileno e gás de síntese, misturados, ao final do processo (*ver infográfico abaixo*).

A reação química é capaz de manter as placas SOC aquecidas em 800 °C, sendo necessário apenas o impulso inicial para atingir a tempera-

Como funciona a conversão



FONTE: FÁBIO CORAL FONSECA (IPEN)



Refinaria de Cabiúnas, em Macaé (RJ), o maior polo de processamento de gás natural do país

tura adequada. Além de apresentar um consumo baixo, o processo tem como resíduo a geração de uma pequena quantidade de energia elétrica, que pode ser aproveitada para melhorar a eficiência energética do próprio sistema.

As placas SOC utilizadas nos experimentos em laboratório têm 5 centímetros (cm) de diâmetro. A avaliação de Fonseca é que serão necessárias placas maiores, de até 20 cm de diâmetro, para a conversão do metano em escala industrial. Como a tecnologia é modular, a ideia é empilhar centenas de placas SOC para realizar a conversão do metano de acordo com a quantidade de etileno ou gás de síntese que se queira produzir. “É um processo direto, que pode ser mais econômico e não demanda energia intensiva e grande infraestrutura industrial, como ocorre nas refinarias”, diz o físico.

O trabalho gerou um artigo publicado em novembro de 2025 no periódico científico *Journal of Power Sources*. Nele, os pesquisadores demonstram que as SOC funcionaram nos testes de forma estável e o processo conseguiu transformar metano em produtos de alto valor agregado e energia elétrica. O método de conversão é foco de um pedido de patente submetido ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Mas, como reconhece Fonseca, a rota de conversão ainda precisa ser aperfeiçoada antes de ser apresentada como uma alternativa em escala industrial.

O que a equipe do Ipen busca agora é a melhoria da seletividade do processo, ou seja, a capacidade de gerar separadamente etileno e gás de síntese. O objetivo dos pesquisadores é aperfeiçoar o reator (as SOC e o sistema catalisador) para obter dois processos específicos para a produção de etileno ou gás de síntese.

A pesquisa teve origem no programa Metano a Produtos (M2P), do Centro de Inovação em Novas Energias (Cine), financiado pela FAPESP

e pela companhia de petróleo anglo-holandesa Shell, concluído em 2023. A continuidade dos trabalhos teve apoio da Fundação por meio de projetos de pesquisa. O Ipen mantém duas parcerias internacionais para desenvolver a tecnologia, uma com a Universidade de Grenoble-Alpes, na França, e outra com a Universidade Estadual do Novo México, nos Estados Unidos.

Segundo o químico Tulio Matencio, do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a tecnologia SOC é madura e comprovadamente eficiente. Além disso, tem a vantagem de demandar catalisadores com materiais menos nobres, portanto mais econômicos. “A proposta de usar essa tecnologia para a conversão do metano é bem fundamentada”, diz o pesquisador. A experiência do Ipen com a tecnologia SOC é antiga. Em 2019, o instituto estabeleceu uma parceria com a montadora japonesa Nissan com o objetivo de desenvolver células a combustível de óxido sólido (SOFC), uma versão de SOC capaz de converter etanol em eletricidade para impulsionar automóveis (ver Pesquisa FAPESP nº 308).

Em volume, o metano é o segundo maior contribuinte para o efeito estufa, atrás apenas do dióxido de carbono (CO₂). É um gás abundante no planeta, respondendo por cerca de 90% da composição do gás natural e por algo entre 50% e 80% do biogás, resultante da decomposição de matérias orgânicas, como resíduos agropecuários, esgoto e material de lixões e aterros sanitários. Os usos econômicos mais comuns do metano são a geração de energia elétrica, de calor e de combustíveis.

Boa parte do gás, contudo, é desperdiçada. “O metano é queimado e resulta na chama que vemos sobre as chaminés em aterros, em refinarias e em campos de petróleo”, diz o engenheiro de materiais Cauê Ribeiro, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Instrumentação e orientador dos programas de Pós-graduação em Química das universidades Federal de São Carlos (UFSCar) e de São Paulo (USP), *campus* de São Carlos.

A queima é feita para transformar metano em CO₂ antes da dispersão na atmosfera. “O metano tem impacto 30 vezes maior no aquecimento global do que o dióxido de carbono”, compara o engenheiro. “Transformar o metano, que temos em excedente no Brasil e no mundo, em produtos de valor agregado como etileno e gás de síntese é uma iniciativa importante, tanto do ponto de vista econômico como ambiental”, destaca Ribeiro. ●

Os projetos e o artigo científico consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.