

Do fundo do mar ao laboratório!

Solução criada por pesquisadora busca transformar
resíduo de petróleo em combustível

**Estruturas utilizadas para
extração de petróleo, cuja
água residual é alvo da
inovadora pesquisa da
Professora Doutora Juliana
Ferreira de Brito, do Instituto
de Química da Unesp
Araraquara!**

Texto de Divulgação Científica

Instituto de Química de Araraquara, UNESP

ELABORADORES

Nicolas Santos
Isabella Ferrari Soares
Lucas Toth Elias e Silva
Giovanna Lazzarini Quintiliano

ORIENTAÇÃO

Fernanda Zanolli Freitas
Amadeu Moura Bego

REVISÃO TÉCNICA

Giovanna Craveiro Marineli
Isabela Fernandes Ierick
Leonardo Lima e Silva
Marina Medina da Silva
Juliana Ferreira de Brito

Araraquara
2025



Esta obra é licenciada sob uma licença **Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhagual (CC BY-NC-SA 4.0)**. Esta licença permite a cópia e redistribuição do material, em qualquer suporte ou formato, bem como sua tradução, adaptação e outras modificações, sem fins comerciais, desde que o crédito seja atribuído ao autor, que as alterações, se houver, sejam informadas e que as novas criações sejam licenciadas sob esta mesma licença. Os termos da licença são detalhados em <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.pt>.

Revisão Técnica

Giovanna Craveiro Marineli

Isabela Fernandes Ierick

Leonardo Lima e Silva

Marina Medina da Silva

Juliana Ferreira de Brito

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Do fundo do mar ao laboratório!: solução criada por pesquisadora busca transformar resíduo de petróleo em combustível [recurso eletrônico] / Nicolas Santos ... [et al.] ; organizado por Fernanda Zanolli Freitas e Amadeu Moura Bergo. — Araraquara : Instituto de Química, 2025.

9 p. : il. color., fotos color. ; PDF.

1. Divulgação científica 2. Água Poluição por petróleo 3. Reação de oxidação-redução 4. Fotocatálise 5. Eletroquímica

Débora Marroco Ninin (bibliotecária responsável) - CRB 8/9343

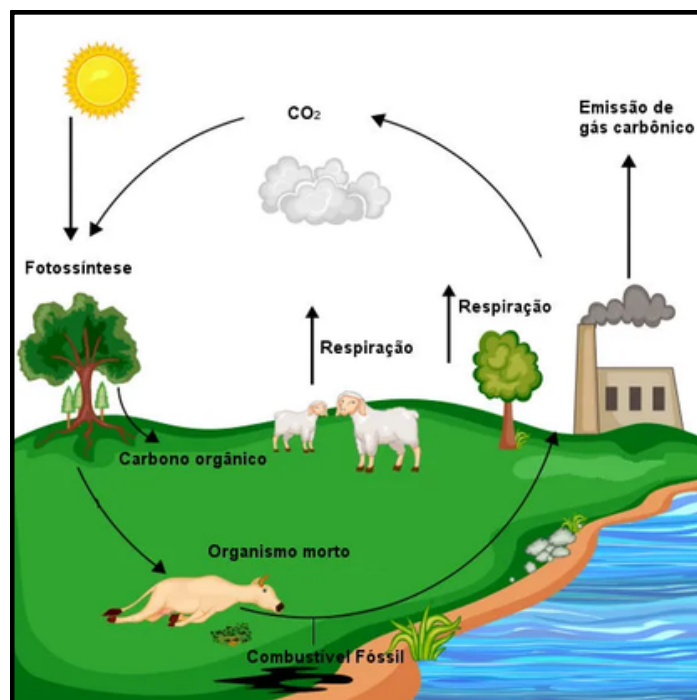
AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA BUSCA POR REDUZIR OS IMPACTOS AMBIENTAIS DO CO₂

E se fosse possível transformar o CO₂, principal gás responsável pelas mudanças climáticas, em **fontes de energia**? Esse questionamento é central em pesquisas que buscam maneiras de reaproveitar esse poluente, cuja concentração na atmosfera aumentou consideravelmente desde a Revolução Industrial em decorrência do uso de **combustíveis fósseis** e do desmatamento.



Combustíveis de fontes não renováveis produzidos por meio da decomposição de matéria orgânica acumuladas na crosta terrestre ao longo de milhões de anos. Ex: petróleo, carvão e gás natural

Esse gás contribui para o **aquecimento global**, provocando um aumento na temperatura do planeta, resultando em secas, enchentes, derretimento de geleiras e elevação do nível do mar. A circulação do carbono no planeta é controlada por um processo natural denominado **ciclo do carbono**, em que a fotossíntese, a respiração e a decomposição são essenciais nesse processo. No entanto, as ações humanas estão emitindo mais CO₂ do que a natureza pode absorver, o que perturba esse ciclo e intensifica o **efeito estufa**.



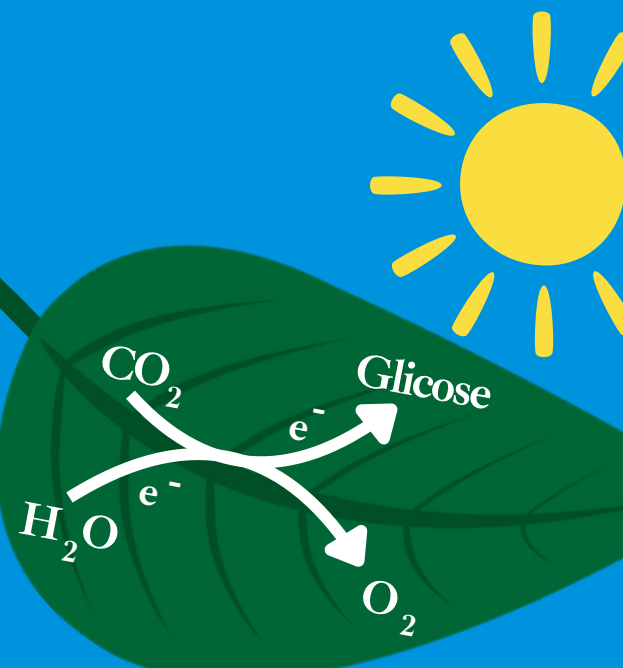
Um estudo recente, realizada pelos pesquisadores Juliana Ferreira de Brito, João Angelo Lima Perini, Siglinda Perathoner e Maria Valnice Boldrin Zanoni, publicado pela revista *Electrochimica Acta* em 2019, busca maneiras de reutilizar o CO₂ para reduzir esse problema. A pesquisa investiga uma tecnologia chamada **fotoeletrocatalise**, uma técnica que emprega luz para converter CO₂ em álcoois combustíveis, como o etanol e o metanol, além de eliminar poluentes da água. Isso poderia não apenas diminuir a concentração de CO₂ na atmosfera, mas também produzir energia de maneira mais ecológica, proporcionando uma resposta aos desafios das alterações climáticas.

Como o CO₂ se transforma ?

As reações de oxirredução são um tipo de transformação química em que ocorre o transporte de elétrons, um tipo de partícula presente no átomo com carga negativa e que pode migrar de um átomo para outro. A partir deste transporte de elétrons, inúmeras reações são realizadas de modo a possibilitar diversos processos que ocorrem em nosso cotidiano. Um exemplo de reação de oxirredução é a fotossíntese, que envolve, de modo geral, o processo de conversão de gás carbônico para oxigênio realizado pelas plantas, conforme ilustrado.

Oxidação e redução

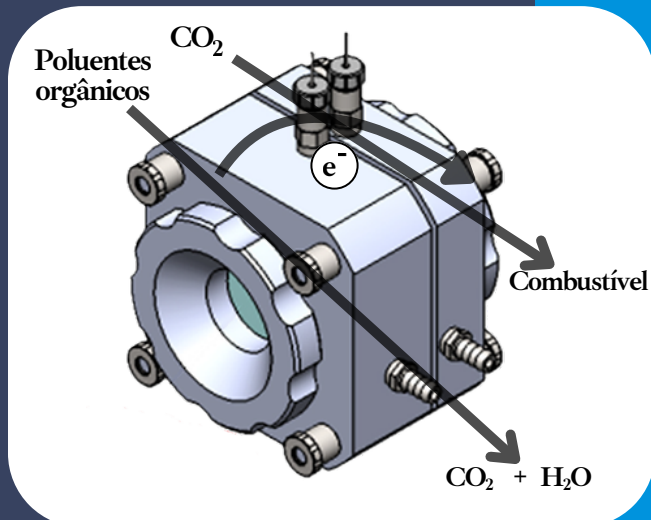
Podemos dividir esta reação de oxirredução em duas partes. Na primeira, observamos a perda de elétrons de uma substância, a água, no processo chamado de oxidação. Como resultado, tem-se a conversão de água para o oxigênio. Na outra parte, ocorre uma reação com o gás carbônico, que recebe os elétrons cedidos pela água em um processo chamado de redução.



De poluente à combustível

Utilizando reações de oxirredução, o trabalho realizado pelo grupo de pesquisa da Profa. Juliana Brito conseguiu efetuar o tratamento de poluentes orgânicos da indústria do petróleo juntamente com a produção de combustíveis.

O processo desenvolvido utiliza um aparelho com dois compartimentos. Assim, em um setor, poluentes orgânicos são oxidados e convertidos a gás carbônico, os elétrons são redirecionados para o segundo compartimento onde o gás carbônico dissolvido na solução recebe esses elétrons convertendo-se a álcool, o mesmo componente encontrado nos postos de combustíveis.



UMA INOVAÇÃO NA CONVERSÃO DE CO₂

Agora, vamos explorar um pouco mais sobre essa pesquisa inovadora! Os cientistas descobriram que, além de transformar CO₂ em combustíveis, é possível degradar poluentes orgânicos de forma simultânea, tudo em um único **reator**, que funciona utilizando uma técnica chamada **fotoeletrocatalise**.

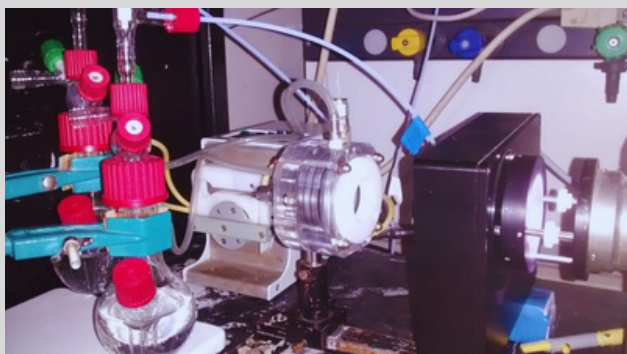


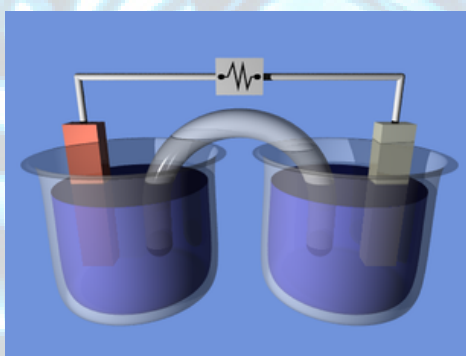
Imagem real do Reator na bancada do laboratório.



Similar ao tamanho de um cubo mágico

Essa é uma novidade e tanto, pois até agora esses processos eram realizados separadamente. O reator usa uma combinação de compostos óxidos (como óxido de Zircônio e óxido de Titânio) e é nele onde a brincadeira acontece.

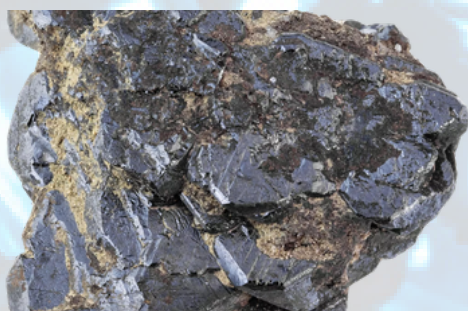
✨ ✨
**CÉLULA
ELETROQUÍMICA É
COMPOSTA PELO
CÁTODO E PELO
ÂNODO, ONDE O
ELETRODO EXPOSTO
A LUZ É EXCITADO.**



ELETRODO

Componente que conduz corrente elétrica em sistemas que geram ou consomem energia

Ti



Titânio, utilizado na forma de óxido (TiO₂), por possui propriedade semicondutora, sendo uma opção econômica e eficiente

Zr

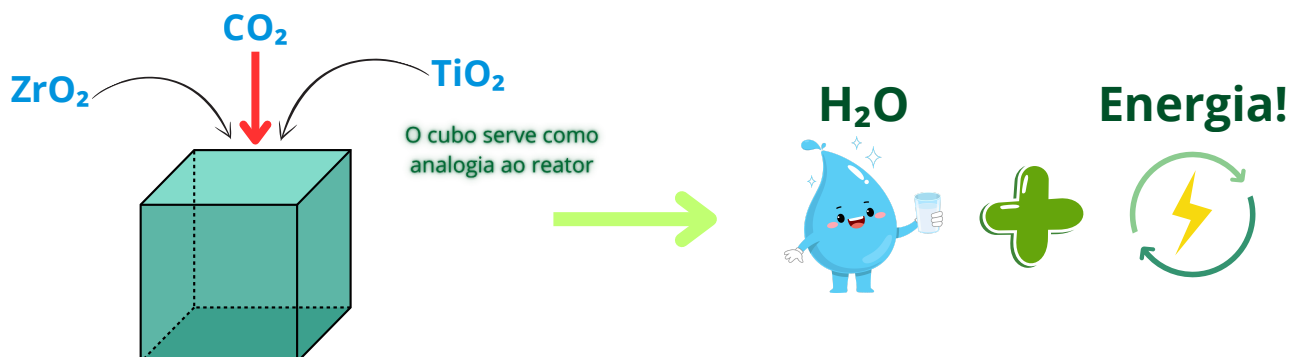


Zircônio, utilizado na forma de óxido (ZrO₂), servindo como **catalisador** do processo

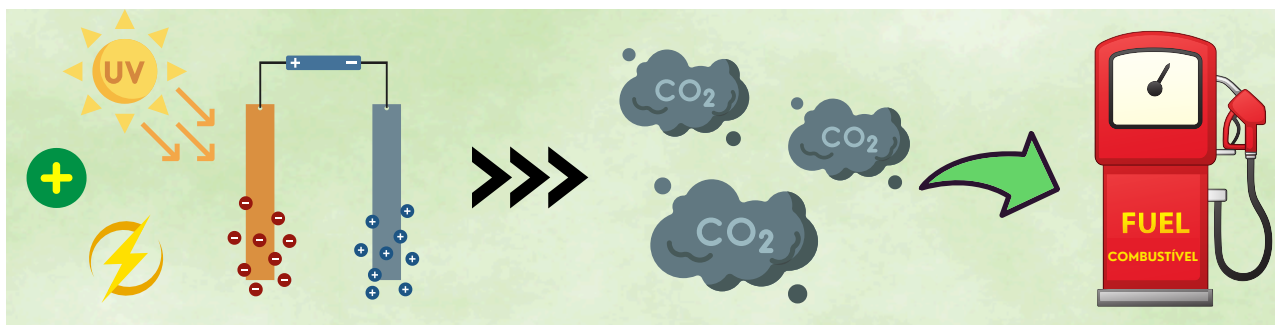
Oferece um caminho alternativo mais rápido para a reação, com menor energia necessária para que ela ocorra, assim aumentando a velocidade da reação.

UMA INOVAÇÃO NA CONVERSÃO DE CO₂

Durante os testes, os pesquisadores observaram que a degradação do álcool benzílico, um poluente tóxico, atingiu até 68% ! Isso significa que a tecnologia não só produz combustíveis, mas também ajuda a limpar a água contaminada. É como se o reator fosse uma caixa que resolve dois problemas de uma vez: limpa a água e ainda gera energia!



Outra descoberta importante é que a luz solar e a eletricidade trabalham juntas para aumentar a eficiência do processo. Quando os cientistas usaram luz para excitar os elétrons nos eletrodos, a quantidade de CO₂ convertida em combustíveis aumentou consideravelmente (ilustrado simplificado no esquema abaixo) . Com isso, a pesquisa mostra que é possível aproveitar recursos renováveis e, ao mesmo tempo, combater a poluição!



E você sabia que essa tecnologia pode ser uma solução para a indústria? Muitas empresas enfrentam desafios na hora de tratar seus efluentes. Com esse reator, é possível reduzir os poluentes e gerar energia ao mesmo tempo, criando uma via de mão dupla, beneficiando o meio ambiente e girando a economia. Isso significa que, em vez de descartarmos a poluição, conseguimos transformá-la em algo útil.

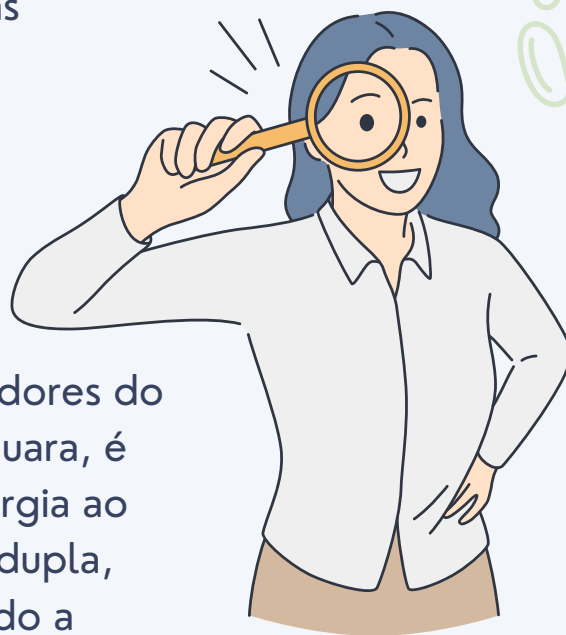
Os resultados são promissores e abrem portas para um futuro mais sustentável. Além de ser uma alternativa interessante aos combustíveis fósseis, essa tecnologia pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, já que reduz a quantidade de CO₂ liberada na atmosfera. Assim, a pesquisa dos cientistas nos mostra que é possível encontrar soluções inovadoras e eficazes para os problemas ambientais que enfrentamos hoje.

É a ciência trabalhando a favor do nosso planeta.



EXPLORANDO O POTENCIAL DA ELETROQUÍMICA PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

Muitas empresas enfrentam desafios para tratar seus efluentes, por este motivo os avanços nas linhas de pesquisa são essenciais



Com o reator desenvolvido pelos pesquisadores do Instituto de Química da UNESP de Araraquara, é possível reduzir os poluentes e gerar energia ao mesmo tempo, criando uma via de mão dupla, beneficiando o meio ambiente e girando a economia. Isso significa que, em vez de descartarmos os efluentes e gerarmos poluição, conseguimos transformá-los em algo útil.



Apesar da inovação da pesquisa, ainda existem alguns desafios para a implementação deste processo. O aparelho que realiza as transformações químicas não utiliza o dióxido de carbono produzido no compartimento de oxidação para a produção de combustível. Outro ponto que necessita de mais estudos é a escala do processo, que por ser realizado em um laboratório não atende a quantidade com a qual a indústria lida. Entretanto, com o desenvolvimento da pesquisa, futuramente, podemos ter um destino dos poluentes da indústria petrolífera, mais sustentável e amigavelmente ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BRITO, J. F. de et al. Combination of photoelectrocatalysis and ozonation as a good strategy for organics oxidation and decreased toxicity in oil-produced water. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 166, n. 5, p. H3231, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2.0331905jes/pdf>.

BRITO, J. F. de et al. Turning carbon dioxide into fuel concomitantly to the photoanode-driven process of organic pollutant degradation by photoelectrocatalysis. **Electrochimica acta**, v. 306, p. 277-284, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.03.134>.

MEDINA, Marina et al. The substrate morphology effect for sulfur-rich amorphous molybdenum sulfide for electrochemical hydrogen evolution reaction. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 169, n. 2, p. 026519, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ac5067>.

SPUTNIK BRASIL. Brasileira desenvolve método para produzir etanol a partir de água de petróleo. **Notícia Brasil**, 31 jan. 2020. Disponível em: <https://noticiabrasil.net.br/20200131/brasileira-desenvolve-metodo-para-produzir-etanol-a-partir-de-agua-de-petroleo-15081878.html>.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Eletroanalítica de Araraquara (GEAr), liderado pela Profa. Dr. Juliana Ferreira de Brito, por compartilhar conhecimento e experiências nas áreas de Eletroanalítica e Química Ambiental. Nosso reconhecimento aos pesquisadores João Ângelo Lima Perini, Siglinda Perathoner e Maria Valnice Boldrin Zanoni pelo estudo inspirador sobre a reutilização do CO₂. Também agradecemos aos mestrandos Giovanna Craveiro Marineli, Isabela Fernandes Ierick e Leonardo Lima e Silva, e à pesquisadora Marina Medina da Silva, pela valiosa revisão técnica. E, por fim, aos orientadores Profa. Dr. Fernanda Zanolli Freitas e Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, pela orientação e todo o apoio que nos permitiu a elaboração e publicação deste material.