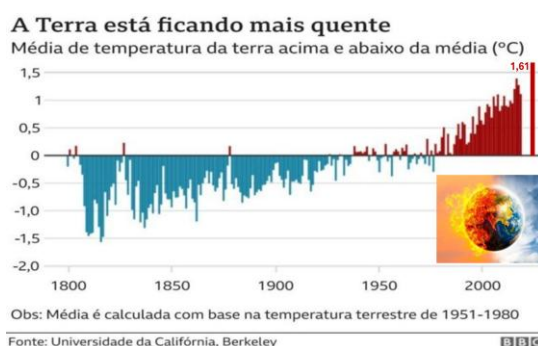


# ***Sequestro de Carbono oportunidade para nos redimir do fracasso?***

## ***Resumo***

O aquecimento global que estamos vivendo hoje, pode ser caracterizado como fracasso da humanidade em controlar a emissão de gases de efeito estufa. Nossa atmosfera está em situação próxima ao não retorno em tempo hábil, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que emitimos, leva décadas para ser removido naturalmente da atmosfera.

O aquecimento global do clima na terra, os eventos climáticos extremos em todos os continentes do globo terrestre, servem não somente como alerta, mas aflora a necessidade de ações em busca da redução dos gases de efeito estufa presentes na atmosfera, ou seja, a necessidade de ações humanas urgentes de sequestro de carbono.

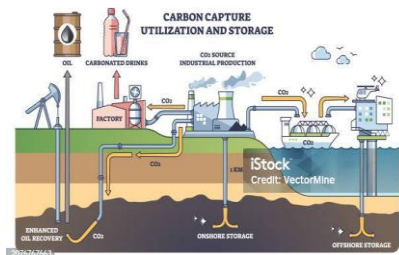


Com o aumento da conscientização sobre a crise climática, tecnologias de sequestro de carbono têm evoluído, combinando abordagens naturais e de engenharia, na busca para nos redimir-nos de nosso fracasso em cuidar da vida na terra. Neste trabalho, procurei destacar métodos como captura direta do ar, sequestro em solos e tecnologias, abordando aspectos técnicos e resultados buscados.

## ***Sequestro de Carbono***

A captura é o primeiro passo no processo do sequestro, todavia a simples captura não é definitiva para solucionar os efeitos de carbono na natureza. O processo completo, além da Captura deve incluir a Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS, na sigla em inglês), como sendo a abordagem fundamental para combater as mudanças climáticas. Tecnologias de captura do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de fontes emissoras ou diretamente da atmosfera (DAC), o transporte e o armazenamento de forma segura, completam o ciclo da redução do carbono na atmosfera.

Felizmente, com os avanços significativos até hoje, o CCUS tem potencial para reduzir emissões globais, especialmente em setores industriais. Investimentos bilionários, públicos e privados principalmente em países desenvolvidos, pesquisas científicas, focadas na redução das emissões e no sequestro de carbono, nos dão esperanças de que a humanidade pode se redimir.



## ❖ *Tecnologias de Captura de Carbono*

Atualmente as tecnologias se dividem em pré-combustão, pós-combustão e captura direta do ar (DAC).

### ▪ *Captura Pós-Combustão*

Essa abordagem é amplamente usada em usinas de energia e indústrias que emitem CO<sub>2</sub> após a queima de combustíveis fósseis.

- *Absorção Química com Aminas:* Solventes absorvem CO<sub>2</sub> dos gases de escape, com eficiência de até 90%, integrando-se a infraestruturas existentes. No Brasil, indústrias como a de petróleo adotam essa tecnologia para reduzir emissões.
- *Membranas e Adsorção:* Membranas seletivas filtram CO<sub>2</sub>, enquanto adsorventes sólidos o capturam. Avanços em 2025 incluem membranas mais eficientes, reduzindo custos energéticos.

### ▪ *Captura Pré-Combustão*

Aplicada em processos de gaseificação, onde o combustível é convertido em gás antes da combustão.

- *Reformação e Separação:* Converte combustíveis em hidrogênio e CO<sub>2</sub>, facilitando a captura. Tecnologias promissoras, mas que enfrentam desafios de custo.

### ▪ *Captura Direta do Ar (DAC)*

Remove CO<sub>2</sub> diretamente da atmosfera, ideal para emissões difusas, isto é; que não saem de um ponto específico.

- *Sistemas de Absorção Sólida:* Soluções existentes usam filtros que capturam CO<sub>2</sub> em baixas concentrações. Na Islândia, uma operada captura 4.000 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, tendo como vantagens: flexibilidade geográfica. Todavia com alto consumo de energia e custo elevado.

## ❖ ***Tecnologias de Armazenamento de Carbono***

Após a captura, o CO<sub>2</sub> é transportado (via dutos ou navios) e armazenado para evitar vazamentos.

- *Armazenamento Geológico*
  - *Injeção em Formações Subterrâneas:* CO<sub>2</sub> é injetado em reservatórios de petróleo esgotados, aquíferos salinos ou camadas de basalto. No Brasil, bacias sedimentares como a de Campos são potenciais sítios.
  - *Armazenamento em Ambientes sem Oxigênio:* Envolve enterrar biomassa vegetal a 1,3 km de profundidade em condições sem oxigênio, preservando carbono por milênios, combinando sequestro biológico com engenharia.
- *Armazenamento Oceânico e Mineral*
  - *Carbonatação Mineral:* CO<sub>2</sub> reage com rochas para formar minerais estáveis. Projetos experimentais em 2025 exploram isso em escala industrial.
  - *Armazenamento Submarino:* Injeção em sedimentos oceânicos profundos, com rigorosos protocolos ambientais.

## ❖ ***Tecnologias de utilização de Carbono***

Além do armazenamento, o CO<sub>2</sub> pode ser reutilizado, transformando um resíduo em recurso.

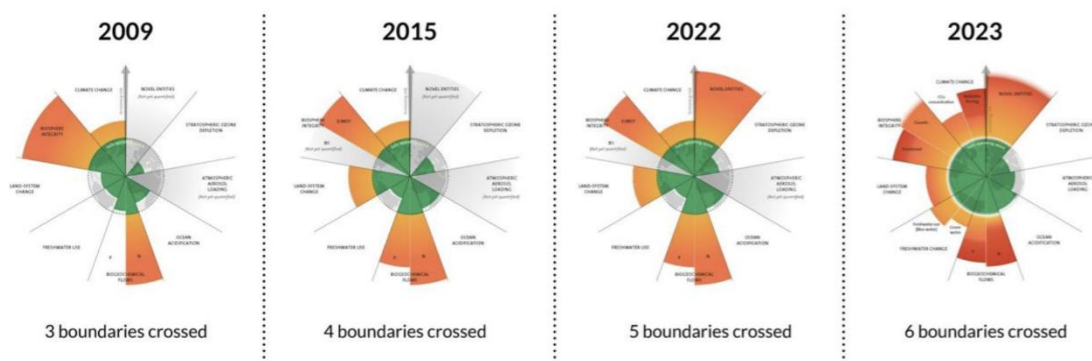
- *Recuperação Avançada de Petróleo:* Injeção de CO<sub>2</sub> em poços para extrair mais óleo.
- *Produção de Materiais:* Conversão em plásticos, combustíveis sintéticos ou concreto. Atualmente existem testes em unidades DAC que produzem combustíveis de baixo carbono.
- *Aplicações Industriais:* Uso em bebidas, fertilizantes e química verde, promovendo uma economia circular.

## Considerações

Apesar dos avanços, projetos de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS) enfrentam obstáculos; altos custos (especialmente para DAC) e necessidade de infraestrutura, são alguns básicos.

A grande verdade é que a humanidade não pode continuar emitindo **37,5 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano**, são índices inaceitáveis e comprometedores a curto prazo, que a rigor não sabemos em quanto tempo as ações da CCUS vão e se vão, neutralizar os efeitos do aquecimento global, nem até quando o aquecimento global vai manter a atual habitabilidade da terra.

Em uma abordagem chamada “Limites Planetários”, cientistas compilaram métricas para todos os nove limites planetários, observando um aumento nas transgressões em todos eles, com seis já ultrapassados. Eles enfatizam que a preservação da vida na terra não pode ser focada apenas nas mudanças climáticas, destacando a integridade da biosfera como crucial para a habitabilidade do planeta. O estudo sugere que a adoção da “Apropriação Humana da Produção Primária Líquida (HANPP)” como métrica pode ajudar a avaliar os impactos humanos na biodiversidade, promovendo o uso de biomassa como alternativa a combustíveis fósseis.



*Os limites planetários ao longo do tempo. Foto: Azote para Stockholm Resilience Centre (Richardson)*

Nesta mesma linha, a utilização de soluções energéticas de baixo carbono, na geração de calor, na indústria e no transporte, tem que ser alcançadas no mais curto prazo possível, para tanto, altos investimentos na geração de energia limpa, são urgentes e obrigatórias para nos redirmos do fracasso para com o futuro da humanidade.

**Luiz Carlos Zancanella, D.Sc.**

Diretor-Presidente da Safecarbon

Fontes: Plataforma de IA como fonte de tecnologia  
Data: 12/12/2025