

Imagine: um interruptor é acionado e, num piscar de olhos, cada processo que lança poluição mortal nos céus é substituído por algo limpo e sustentável. Infelizmente, mesmo assim, a Terra ainda se tornaria inabitável graças a todo o carbono que já despejamos lá. Se quisermos sobreviver, como espécie, todo esse lixo precisa ser puxado de volta para a Terra, e rapidamente. Os defensores da Captura Aérea Direta acreditam que é uma arma vital para realizar essa tarefa; seus críticos dizem que é tão ineficiente que seria melhor tentarmos qualquer outra coisa primeiro.

## Captura Aérea Direta







## Missão Zero

Simplificando, a Captura Direta de [Ar](#) (DAC) é a prática de remover CO<sub>2</sub> da atmosfera puxando o ar através de um filtro mecânico ou químico. O ar normalmente é aspirado através de um sistema DAC por meio de um ou mais ventiladores, enquanto a filtragem é feita com um sólido (conhecido como sorvente) ou com um líquido (conhecido como solvente). Uma vez capturado, calor ou eletricidade é aplicado ao material do filtro para remover o CO<sub>2</sub>, tanto para reutilizar o filtro quanto para preparar o CO<sub>2</sub> para seguir em frente. É esta última etapa que muitas vezes é a parte do processo que consome mais energia e, portanto, é mais cara. Dada a quantidade de ar que precisará ser limpo (todo) para que isso funcione, o DAC precisa ser o mais eficiente possível em termos energéticos.

A forma mais econômica de o fazer é tapar as chaminés de um processo com utilização intensiva de carbono, como uma fábrica ou uma central elétrica a combustível fóssil, para evitar mais libertação de CO<sub>2</sub>. Mas isso não contribui em nada para reduzir o excesso de CO<sub>2</sub> já existente na atmosfera. É por isso que alguns cientistas e empresários estão inclinados a apostar em plantas DAC ao ar livre para limpar os céus.

A NOAA explica que em 1960, a humanidade lançava 11 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera todos os anos. Meio século depois, esse número aproxima-se agora dos 40 mil milhões, razão pela qual o trabalho de redução de emissões é tão vital. Mas mesmo que conseguíssemos reduzir todas as nossas novas emissões a zero, ainda teríamos de resolver as cerca de 950 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> que já se escondem na atmosfera. No momento em que este artigo foi escrito, o CO<sub>2</sub> na atmosfera registrado pelo Laboratório de Monitoramento Global da NOAA em Mauna Loa era de 422,38 ppm. O consenso científico é que qualquer valor acima de 350 ppm significará uma destruição catastrófica para a humanidade e para o estado do planeta em geral.

Em junho deste ano, a Universidade de Oxford publicou uma pesquisa dizendo que se quisermos limitar o aquecimento a apenas 1,5 graus (o que seria catastrófico), a humanidade precisará extrair entre sete e nove bilhões de toneladas de dióxido de carbono do ar todos os anos até 2050. A declaração COP28 apoia as nações signatárias que investem nas tecnologias de captura de carbono. O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC) afirma que não existe um caminho viável para evitar as alterações climáticas, a menos que grandes volumes de CO<sub>2</sub> sejam retirados do ar. Este tem sido o status quo há algum tempo: em 2017, uma coligação de cientistas proeminentes liderada pelo professor Jim Hansen disse que era imperativo que a humanidade começasse a remover em massa o CO<sub>2</sub> atmosférico.

### **O que fazer com todo o CO<sub>2</sub>**

Depois que o DAC tiver sugado o carbono indesejado do ar, ele precisará ser colocado em algum lugar. Uma opção, *O Serviço Geológico Britânico* explica, é converter o CO<sub>2</sub> de maneira fácil e econômica em sua forma supercrítica, que se comporta como um líquido



escorrendo. Este líquido pode então ser armazenado no subsolo após ser injetado em rochas porosas, e antigos campos de petróleo e jazidas de carvão parecem ser locais ideais. A indústria do petróleo e do gás utiliza esta abordagem para aumentar a produção nos campos existentes, à medida que o CO<sub>2</sub> líquido preenche o espaço, empurrando mais petróleo para o local de extração. Mas o documento informativo da Agência [Internacional](#) de Energia (AIE) sobre a captura directa de ar sugere que mais de metade de todas as emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> recuperadas terão de ser sequestradas.

Obviamente, extrair mais combustíveis fósseis do solo para queimar não faz muito pelo clima e, idealmente, os governos de todo o mundo investiriam apenas na captura eficaz de carbono para evitar que fervêssemos até à morte. Felizmente para a fixação da humanidade em soluções de mercado, a reciclagem de parte do CO<sub>2</sub> não sequestrado poderia tornar-se uma indústria por si só.

O CO<sub>2</sub> também pode ser transformado em combustíveis sintéticos em motores de combustão tradicionais. As viagens aéreas são o exemplo mais óbvio, especialmente considerando que o tamanho e o peso das baterias tornam quase impossível construir um jato jumbo elétrico. O CO<sub>2</sub> recuperado também pode ser utilizado como base para produtos comuns não combustíveis, incluindo materiais de construção, em produtos químicos e agrícolas, para não mencionar a adição de gás nas nossas bebidas.



A Holocene é uma das muitas empresas que procuram transformar a extracção de CO2 num negócio viável e de longo prazo, através da venda de créditos de remoção de carbono a grandes empresas. Sua abordagem é puxar o ar através da água que foi incorporada a um aminoácido que se liga ao CO2. A mistura de água e CO2 é então combinada com guanidina, que transforma o CO2 em um sólido que pode ser facilmente filtrado, permitindo o reaproveitamento do aminoácido água. O CO2 sólido é então aquecido a baixa temperatura, o que separa a guanidina do CO2 gasoso, pronto para uso ou sequestro. A Holocene acredita que um solvente reutilizável (e um tratamento químico reutilizável) combinado com o calor a baixa temperatura torna a sua abordagem muito mais económica do que a dos seus rivais.

A Mission Zero também procura desenvolver uma forma de baixo custo de obter grandes quantidades de CO2 da atmosfera. Ele aspira ar para seu [hardware](#) e depois aplica um solvente à base de água. Mas em vez de tratar essa mistura quimicamente, utiliza eletrodialise e um processo de troca iônica para purificar o líquido e extrair o CO2. A partir daí, o líquido pode ser reutilizado e o CO2, novamente, pode ser enterrado no subsolo ou transformado em produtos viáveis. A empresa afirma que seu processo eletroquímico é igualmente muito mais econômico e energeticamente mais eficiente do que muitas outras empresas que operam neste setor.

Dadas as sensibilidades comerciais envolvidas, não é fácil saber quanto custa extrair CO2 da atmosfera usando DAC ao ar livre. Dependendo de onde você olha, o valor pode chegar a US\$ 600 por tonelada, mas um valor mais comum está entre US\$ 300 e US\$ 400. Durante anos, a sabedoria popular tem sido a de que o DAC precisa de atingir um custo de 100 dólares por tonelada para se tornar economicamente viável.

No início deste ano, uma empresa alemã de capital de risco com foco no clima, a Extantia Capital, investigou a origem desse shibboleth de US\$ 100 e localizou-o até um artigo da empresa DAC Carbon Engineering em 2018, quando publicou um artigo projetando seu custo de longo prazo. cair para apenas US\$ 94 por tonelada. De repente, a frase “menos de 100 dólares por tonelada” tornou-se a referência a que todas as outras empresas DAC se baseavam. Mas, como escreveu Torben Schreiter da Extantia, esse número também estava atrelado aos preços em dólares de 2016, por isso não cresceu com a inflação. Em 2023, o Fórum Económico Mundial afirmou que o custo da Captura Aérea Direta tinha de cair “para menos de 200 dólares por tonelada” antes de ser amplamente adotada.

Não importa se os seus objetivos são ambientais ou industriais, sabemos que o volume de CO<sub>2</sub> que precisa ser extraído da atmosfera é significativo. Para que isso seja viável, o custo da extração precisa cair significativamente. Uma métrica mais madura seria que os preços estivessem em linha com, ou abaixo, do custo do fluxo perpetuamente do dióxido de carbono como mercadoria.







## Holoceno

“Todas essas abordagens DAC usam um *monte* de energia”, disse o CEO do Holoceno, Keeton Ross. Ross diz que é o custo desta energia que mantém o preço da Captura Aérea Direta mais alto do que o necessário. Ele acredita que os sistemas baseados em calor (como o do Holoceno) provavelmente vencerão no final, porque o calor pode vir de inúmeras fontes acessíveis. Estas alegações de ser capaz de cortar os custos do DAC foram suficientemente convincentes para que, em Setembro, a Google investisse no Holoceno e se comprometesse a comprar-lhe créditos de carbono no futuro.

Nicholas Chadwick, CEO da Mission Zero, disse ao Engadget que a sua empresa tem como meta cerca de 350 dólares por tonelada até 2026, mas esse valor “depende de um preço específico da eletricidade”. Esse preço, acredita ele, é “substancialmente melhor do que o que está disponível no mercado de commodities”, tornando óbvio para as indústrias que dependem do CO2 começarem a comprar da Mission Zero.

## Bloqueios

A objeção óbvia à captura direta de ar é que, embora haja muito dióxido de carbono na atmosfera, ainda representa uma proporção relativamente pequena do total. Já ouvi o processo ser descrito como garimpo de ouro no oceano, e os custos de energia por si só o tornarão inviável na escala necessária. Em 2022, o Instituto de Economia Energética e Análise Financeira afirmou sem rodeios que o processo “simplesmente não funciona”. Parte da objeção era que ele pode ser (e é) usado para recuperação aprimorada de petróleo, mas também que, quando as instalações do DAC estão instaladas e funcionando, muitas vezes são muito menos eficazes na captura de CO2 do que o inicialmente prometido.

Em 2023, um artigo publicado pelo Bulletin of Atomic Scientists expressou indignação pelo facto de o Departamento de Energia dos EUA ter investido 600 milhões de dólares num desses projetos. Seus autores disseram que os custos de energia necessários para filtrar essa quantidade de ar para extrair apenas 0,04% do seu total são muito superiores a outras formas, já menos dispendiosas, de reduzir as emissões, e que não haverá qualquer melhoria dramática na física e na química. Isso tornará a captura direta de ar dramaticamente mais eficiente. Eles disseram, sem rodeios: “É uma estupidez construir hoje algo de que não precisaremos durante 50 anos, ou nunca.”

Chadwick disse que muitas das críticas em torno do DAC centram-se na sua viabilidade técnica, o que ele diz ser o ponto errado. “Existem muitos processos industriais onde a termodinâmica é *terrível*veja a amônia”, disse ele, “demorou anos e anos para que os rendimentos chegassem onde estão agora”. O que impulsionou esses processos ineficientes foi o “imperativo económico para isso no mercado”, disse ele. “Quando alguém prova que pode fazer (captura aérea direta) por US\$ 200 a tonelada, todos esses argumentos desaparecem.”



Tanto Chadwick quanto Ross falaram sobre a importância da escala para ajudar a acelerar a indústria ainda nascente. Em 2023, Carbon Engineering, 1PointFive e Occidental inauguraram a fábrica de Stratos no Texas que, quando concluída, deverá sugar 500.000 toneladas de CO<sub>2</sub> do ar por ano. Ambos estão otimistas, no entanto, de que os projetos em construção ajudarão os engenheiros a resolver essas questões. Ainda há um longo caminho a percorrer antes de chegarmos aos bilhões de toneladas que os especialistas acreditam que precisaremos extrair para ter esperança de sobrevivência.