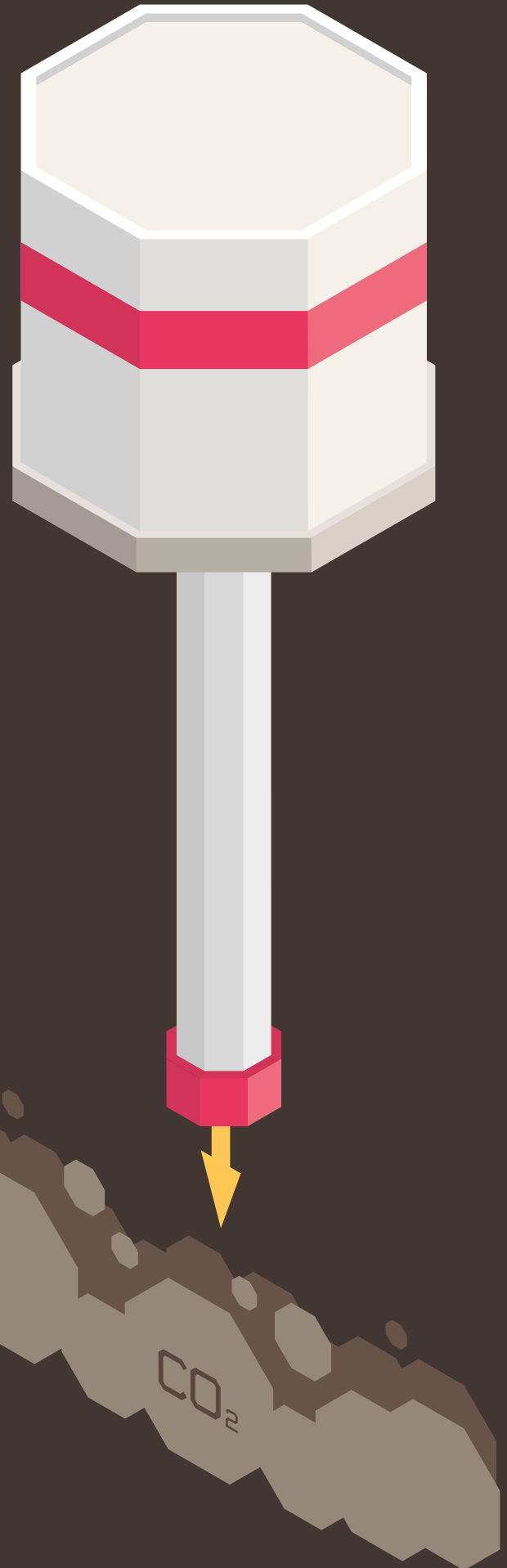


RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICA

TECNOLOGIAS DE CAPTURA E ARMAZENAMENTO DE CARBONO

Quem, como e para quê
contar com financiamento
do Fundo Clima



O armazenamento de carbono engloba um conjunto de tecnologias em desenvolvimento, com impactos distintos em termos de mitigação de emissões. Quando associadas ao armazenamento permanente, essas tecnologias podem contribuir para a redução de emissões ou, em alguns casos, para a remoção de CO₂ da atmosfera. No entanto, quando o carbono capturado é reutilizado em processos que resultam em sua reemissão (ainda a aplicação mais comum), os benefícios climáticos são limitados ou inexistentes, podendo inclusive levar a aumento líquido de emissões.

No Brasil, o Plano Clima contempla o uso dessas tecnologias, com ênfase em rotas baseadas em biomassa para fins energéticos (as chamadas BECCS - ver na página 4), ao mesmo tempo em que reconhece limitações relevantes, especialmente de natureza tecnológica e de custo.

No plano regulatório, a Lei do Combustível do Futuro (14.993/2024) estabeleceu as bases para a regulação das atividades de captura, transporte e armazenamento geológico de CO₂. No entanto, persiste a ausência de regulamentação infralegal pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), o que mantém incertezas quanto à governança e às condições operacionais.

Em 2026, o armazenamento de carbono foi incluído no rol de atividades financiáveis em 2026 pela via reembolsável do Fundo Clima, por meio de decisão não-unânime do Comitê Gestor sobre o Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAAR).

Pelos riscos associados ao prolongamento da vida útil de ativos fósseis, bem como a possibilidade de alocação ineficiente de recursos públicos em tecnologias de alto custo e maturidade limitada, a decisão foi objeto de controvérsias e suscitou um debate técnico sobre credibilidade.

Em maio de 2026, o MMA convocou um seminário técnico com vistas a discutir CCUS no contexto do Fundo Clima. Nesse contexto, será fundamental estabelecer diretrizes e salvaguardas explícitas que assegurem seu uso alinhado aos objetivos do Plano Clima e à NDC brasileira. Esta nota se dedica a explicar tais tecnologias e como estão contempladas nas políticas climáticas brasileiras, e recomenda decisões imediatas ao governo federal.

1. DO QUE SE TRATA?

As tecnologias de captura, uso e armazenamento de carbono (CCUS) englobam um conjunto de soluções voltadas à captu-

ra de dióxido de carbono (CO₂) em fontes industriais ou diretamente da atmosfera, seu eventual uso como insumo produtivo e, sobretudo, seu armazenamento geológico permanente. São basicamente 4 grupos:

CCS • Sigla em inglês para Captura e Armazenamento de Carbono. Consiste na separação de dióxido de carbono (CO₂) gerado por fontes industriais e seu armazenamento em rochas ou em aquíferos de água salgada, como planeja a Petrobras, com um projeto piloto em Macaé (RJ)⁽¹⁾. É aplicado à captura em processos industriais e energéticos, e tende a reduzir ou evitar emissões em setores intensivos em carbono. Há previsão para o seu uso no Plano Clima (ver seção a seguir).

CCUS • Sigla para a captura e armazenamento de dióxido de carbono com uma etapa extra no processo: a utilização do CO₂ capturado. O CO₂ capturado é usado como matéria-prima na produção de combustíveis sintéticos ou de fertilizantes, por exemplo. A depender do uso do CO₂, pode ou não reduzir emissões. Se o uso promover armazenamento durável, como no caso da mineralização (cimento), parte do CO₂ fica retida e pode haver redução parcial de emissões. No entanto, o uso mais comum é com reemissão, quando o CO₂ volta a atmosfera e o ganho climático pode não se estabelecer. No caso da reinjeção para aumentar a pressão de extração de óleo do pré-sal, por necessidades logísticas, o CCUS pode inclusive aumentar emissões. Há previsão para o seu uso no Plano Clima (ver seção a seguir).

BECCS • Refere-se à bioenergia com captura e armazenamento de carbono, quando a captura acontece durante o processo de produção de energia e biocombustíveis. Plantas como cana-de-açúcar e milho, usadas na produção de etanol, capturam CO₂ da atmosfera enquanto crescem. O CO₂ (dióxido de carbono) absorvido no ciclo de crescimento da biomassa é capturado no processo de conversão dessa biomassa em bioenergia, impedindo que o CO₂ absorvido pela planta volte para a atmosfera. Capturado, o CO₂ é armazenado na sequência. O BECCS pode resultar em emissões negativas. Há previsão para o seu uso no Plano Clima (ver seção a seguir).

DACCS • Quarta sigla do conjunto, para a captura diretamente do ar. A remoção de CO₂ é feita mediante uso de processos químicos de emissões difusas (não diretamente de uma instalação industrial, por exemplo) e é seguida por armazenamento subterrâneo permanente. Se viabilizada com energia renovável (abundante), tem enorme potencial de mitigação. Não há previsão para o seu uso no Plano Clima.

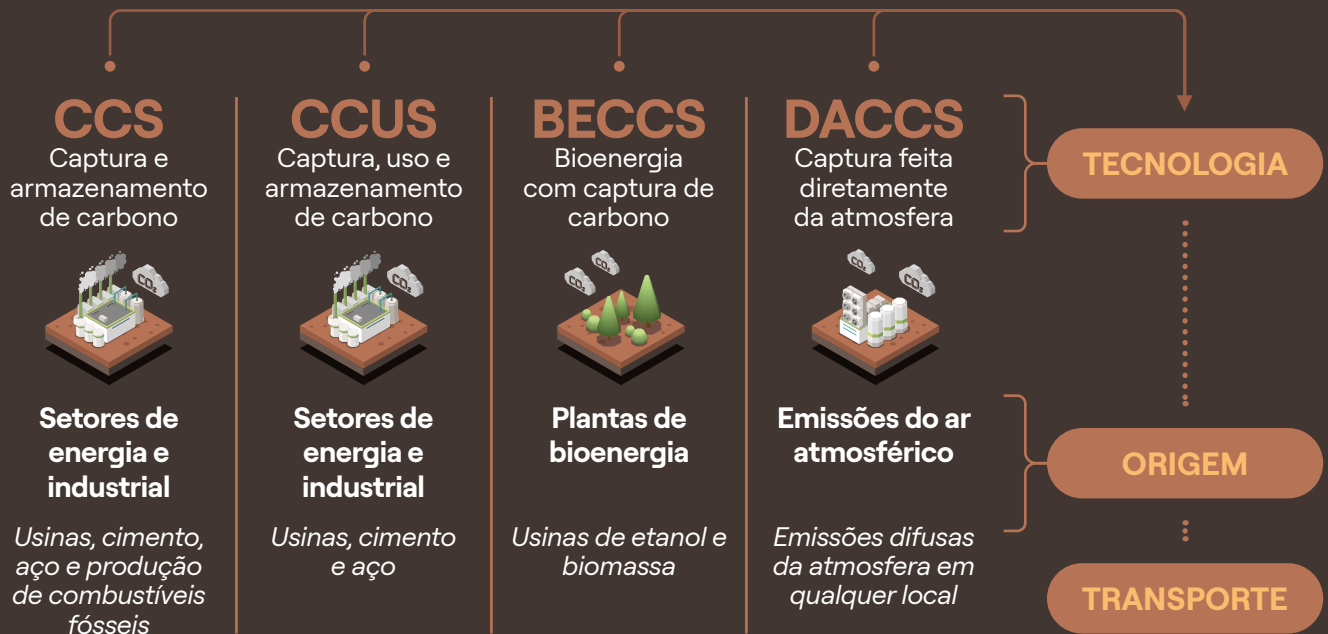
Do ponto de vista climático, essas tecnologias podem desempenhar papéis distintos: enquanto o CCS tende a reduzir ou evitar emissões em setores intensivos em carbono, o BECCS e o DACCS podem, sob

determinadas condições, remover CO₂ da atmosfera, desde que haja armazenamento permanente e balanço líquido negativo ao longo do ciclo de vida. Conheça cada uma das tecnologias no gráfico a seguir.

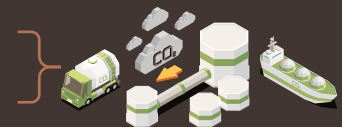
(1) <https://eixos.com.br/transicao-energetica/petrobras-se-prepara-para-oferecer-servico-de-captura-de-carbono-a-industrias/>

AS TECNOLOGIAS DE CAPTURA DE CARBONO

Elas não substituem as necessidades de redução de emissões nos setores produtivos e, ainda incipientes, não possuem aplicação em larga escala



APÓS A CAPTURA, O CO₂ É COMPRIMIDO E TRANSPORTADO ATÉ O DESTINO FINAL POR DUTOS, NAVIOS OU CAMINHÕES



Fontes: Plano Clima Mitigação, Estratégia Nacional de Mitigação e CCS Brasil - "O que é CCS"

2. COMO ESSAS TECNOLOGIAS APARECEM NO PLANO CLIMA?

O Plano Clima, aprovado em dezembro de 2025, define como o Brasil cumprirá os compromissos assumidos na Convenção do Clima. É o principal instrumento da política climática doméstica.

Consulta aos documentos do plano mostra que as tecnologias de captura e armazenamento de carbono seriam uma das rotas tecnológicas da transição energética, ao lado do uso de combustíveis com menor intensidade de carbono, hidrogênio de baixo carbono e a viabilização de tecnologias de armazenamento, como baterias, para a geração eólica ou solar. A produção de biometano e de biocombustíveis associada à BECCS tem destaque no Plano Clima, já em seu sumário executivo.

O Plano Clima faz, porém, ressalvas em relação às BECCS. Diz textualmente o sumário do Plano Clima: “Esta é ainda uma tecnologia em desenvolvimento, com poucos projetos em operação ao redor do mundo”.

No plano setorial de energia, essa tecnologia aparece como uma das sete alavancas prioritárias para reduzir emissões de gases de efeito estufa, nestes termos: aumento sustentável da produção e uso de bioenergia, incluindo combustíveis sintéticos e a introdução de BECCS”. E ainda: “Setorialmente existe grande expectativa do potencial de tecnologias de captura e armazenamento de carbono associada à bioenergia (BECCS, sigla em inglês para Bioenergy with Carbon Capture and Storage)”.

No plano setorial da indústria, há menção do uso das tecnologias na indústria siderúrgica e na produção de cimento, ainda que de forma marginal. “Como destacado nos capítulos anteriores, a indústria side-

rúrgica e a produção de cimento figuram entre os maiores emissores do setor industrial. Embora a redução na intensidade de emissões desses subsectores não tenha sido tão expressiva quanto em outros, ela permanece abaixo da média internacional, principalmente considerando as expectativas de crescimento da produção. O setor siderúrgico, por exemplo, tem demonstrado um compromisso crescente, prospectando ações de curto, médio e longo prazos. Entre as iniciativas estão a otimização da infraestrutura produtiva já existente, o aumento do uso de sucata, a ampliação do uso de biomassa, além de investimentos em tecnologias limpas, como o hidrogênio de baixa emissão de carbono e tecnologias de CCS”.

O plano setorial da indústria apresenta uma perspectiva de aumento das emissões no período do Plano Clima, que vai até 2035. Mas afirma que avanços no arcabouço jurídico e regulatório para o uso de tecnologias como CCUS são esperados, além de incentivos para a implementação de tecnologias disruptivas, como CCUS, “cuja viabilização depende de marcos regulatórios e da superação de desafios tecnológicos e financeiros”.

Ainda no plano setorial de mitigação de indústria são indicados os entraves às tecnologias de captura e armazenamento de carbono assim como do uso de hidrogênio verde. Há entraves tecnológicos, como “a baixa maturidade das tecnologias emergentes” e a dificuldade em “escalar” soluções de captura e identificar áreas adequadas para o armazenamento, e também financeiros: “custo do CCUS e do carbono estocado das remoções biogênicas”, elevados custos de investimento e operacionais (CAPEX e OPEX) e ausência da precificação adequada de carbono.

“A viabilização do CCUS dependerá da superação de desafios como lacunas tecnológicas, custos elevados e financiamento”, conclui o texto do Plano Clima.

No documento do Plano Clima que trata de seus meios de implementação, há a indicação do uso de blended finance e garantias de risco como instrumentos para reduzir o custo de capital em projetos de maior risco tecnológico, como CCUS e hidrogênio. Trata-se de uma combinação de recursos públicos e privados. A Estratégia de meios de implementação também sinaliza o mercado de carbono, a partir da futura regulamentação, com potencial para viabilizar essas tecnologias. O texto não indica o Fundo Clima como instrumento para financiar essas tecnologias.

No caso das BECCS, a Estratégia menciona a importância de investir em tecnologias emergentes com apoio a projetos-piloto e marcos regulatórios. E lembra que a nossa NDC reconhece a tecnologia como uma das principais soluções tecnológicas para atingir as metas climáticas de longo prazo.

Portanto, conclui-se que, no Plano Clima, as tecnologias de armazenagem de CO₂ são tratadas como uma das rotas tecnológicas da transição energética, mas com papéis distintos a depender da aplicação. Conforme explicamos, o setor de energia incluiu tanto CCS/CCUS quanto BECCS no rol de ações; enquanto a indústria mencionou, mas não criou ações específicas no seu plano setorial. Como vimos, as ações não cravam o financiamento público tampouco direcionam apoio via Fundo Clima. Elas podem ser promovidas via capital privado ou público. Nesse sentido, não há nenhuma vinculação expressa entre Fundo Clima e ações setoriais.

Por tecnologia:

CCS: é tratado como tecnologia emergente, condicionada à evolução do arcabouço regulatório e à redução de custos pela indústria, e como opção para segmentos de energia fóssil.

CCUS: é abordado no Plano Clima de forma integrada ao CCS, também no âmbito da ação ENR.E.08 do Plano Setorial de Energia, sendo considerado uma rota tecnológica para mitigação de emissões em setores industriais e energéticos. O Plano reconhece o potencial dessas tecnologias para reduzir emissões em atividades intensivas em carbono, incluindo a cadeia de petróleo e gás, a produção de hidrogênio e processos industriais. No entanto, o Plano não diferencia de forma detalhada os impactos climáticos das diversas aplicações de uso do CO₂, nem estabelece critérios explícitos de priorização entre usos que resultam em armazenamento permanente e aqueles que levam à remissão.

BECCS: recebe tratamento mais específico e destacado no Plano Clima. O Plano Setorial de Energia cria uma ação específica para fomentar essa tecnologia: ENR.E.09 - “Desenvolver a produção de bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS)”. O Plano reconhece explicitamente o potencial do BECCS para gerar emissões negativas, ao combinar a absorção de CO₂ no crescimento da biomassa com sua captura e armazenamento durante a produção de energia ou biocombustíveis.

Há ênfase particular na aplicação em cadeias já consolidadas no Brasil, como etanol, biogás e biometano. Apesar desse destaque, o Plano também ressalta que o BECCS ainda é uma tecnologia em desenvolvimento, com poucos projetos em operação no mundo, e que sua viabilização

dependerá de avanços tecnológicos, redução de custos e definição de marcos regulatórios e mecanismos de certificação de remoções.

DACCS: não aparece como uma ação estruturante ou prioritária nos planos setoriais do Plano Clima.

3. TABELA RESUMO

TECNOLOGIA	PAPEL	COMO APARECE NO PLANO CLIMA	PRÓS & CONTRAS
CCS	Redução de emissões	Integrado à ação ENR.E.08 no Plano Setorial de Energia; mencionado no Plano Setorial da Indústria	Pode ser relevante para setores <i>hard-to-abate</i> . Risco de uso para prolongar ativos fósseis. Sem regulação robusta, há risco de baixa integridade ambiental (monitoramento, vazamentos)
CCUS	Pode reduzir ou aumentar emissões	Também incluído na ENR.E.08 do Plano Setorial de Energia, com foco em aplicações industriais e energéticas (incluindo cadeia de petróleo e gás)	Ambiguidade: muitos usos levam à reemissão e podem gerar aumento líquido de emissões. Forte associação histórica com recuperação avançada de petróleo (EOR)
BECCS	Remoção de gases	Ação específica ENR.E.09 - desenvolvimento de bioenergia com CCS do Plano Setorial de Energia	Alinhada à vantagem comparativa do Brasil (bioenergia). Risco de superestimação do potencial sem considerar uso da terra, logística e ciclo de vida
DACCS	Remoção de gases	Não aparece	Altíssimo custo e baixa maturidade. Forte dependência de energia limpa abundante

4. O RISCO DA “CAPTURA” PARA ATRASAR A TRANSIÇÃO

A Lei nº 14.993/2024 (Combustível do Futuro)⁽²⁾ instituiu o marco legal para a Captura e Estocagem Geológica de Carbono (CCS/CCUS) no Brasil. Em seu artigo 28, a lei define a ANP como órgão regulador, responsável por regular, autorizar e fiscalizar a captura, o transporte e o armazenamento geológico de CO₂.

“Art. 28. Compete à ANP regular as atividades de captura de dióxido de carbono para fins de estocagem geológica, seu transporte por meio de dutos e sua estocagem geológica”.

A lei também autoriza o armazenamento em bacias sedimentares e cria obrigações de segurança, além de prever o uso de CO₂ em processos industriais, como forma de reduzir emissões. Uma consulta pública sobre a proposta de decreto foi encerrada em dezembro do ano passado⁽³⁾. Aguarda-se a publicação de um decreto presidencial para regulamentar as atividades de captura e estocagem geológica de carbono no Brasil.

No Brasil, a reinjeção de CO₂ já é prática corrente no pré-sal, sobretudo para fins de manutenção da pressão dos reservatórios. Uma aplicação que, embora tecnicamente enquadrável como CCS/CCUS, está funcionalmente associada à maximização da produção de hidrocarbonetos. O próprio marco legal reforça essa ambiguidade ao dispensar de autorização da ANP as atividades de injeção de CO₂ voltadas à recuperação avançada de petróleo (EOR), criando um regime mais permissivo justamente para a

interface entre CCS e exploração fóssil.

No que tange à **Lei do Combustível do Futuro**, embora o marco legal estabeleça uma arquitetura operacional relativamente detalhada para a captura, transporte e estocagem geológica de CO₂, sua principal fragilidade reside na ausência de salvaguardas explícitas que orientem o uso da tecnologia em linha com objetivos climáticos de longo prazo. A regulação define procedimentos, atribuições e obrigações técnicas, mas permanece essencialmente neutra quanto ao papel estratégico do CCS na transição energética. Uma lacuna que abre espaço para usos potencialmente desalinhados com a descarbonização.

Em primeiro lugar, a exclusão das operações de recuperação avançada de hidrocarbonetos (EOR) do regime de autorização cria um canal regulatório menos rigoroso para práticas que podem resultar em aumento líquido de emissões. Sem critérios de adicionalidade climática ou exigência de comprovação de benefícios líquidos, o marco permite que o CCS seja mobilizado sem garantir redução efetiva de emissões em nível sistêmico.

Em segundo lugar, a lei não estabelece diretrizes sobre responsabilidade de longo prazo após o encerramento dos sítios de armazenamento. Considerando que o CO₂ deve permanecer confinado por escalas de tempo geológicas, a ausência de definição sobre transferência de responsabilidade, garantias financeiras ou mecanismos de custeio para monitoramento pós-fechamento configura um risco regulatório relevante. Na prática, isso pode gerar incerteza jurídica tanto para operadores quanto para o Estado, além de potencial socialização de passivos ambientais no futuro.

(2) https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm

(3) <https://www.gov.br/participamaisbrasil/proposta-regulamentacao-das-atividades-de-ccs-ccus-beccs>

Outro ponto crítico é a inexistência de salvaguardas socioambientais mais amplas. O marco não prevê mecanismos de participação pública, consulta a comunidades potencialmente afetadas ou avaliação de impactos cumulativos e territoriais. Tampouco há integração explícita com políticas de transição justa ou critérios de priorização que favoreçam setores difíceis de descarbonizar (*hard-to-abate*, no jargão em inglês), nos quais as tecnologias desempenham papel crítico. Essa omissão reduz a capacidade do instrumento de se alinhar com princípios contemporâneos de governança climática.

Adicionalmente, embora haja previsão de monitoramento, reporte e auditoria, não se observa a exigência de transparência ativa ou de divulgação pública sistemática de dados operacionais e de desempenho ambiental. Isso limita o escrutínio independente e enfraquece a credibilidade dos potenciais créditos de carbono associados às operações, especialmente em contextos internacionais que demandam robustez metodológica e integridade ambiental.

Ainda, o poder discricionário conferido ao Ministério de Minas e Energia para dirimir conflitos de uso do subsolo, sem critérios previamente definidos, reforça o viés potencial em favor de atividades economicamente estabelecidas, como a exploração de petróleo e gás. Comportamento institucional visto, recentemente, no que concerne a criação de um Mapa do Caminho para Longe dos Fósseis no Brasil. Isto é, na ausência de salvaguardas que priorizem objetivos climáticos, esse arranjo institucional subordina o desenvolvimento do CCS e CCUS a interesses de curto prazo do setor fóssil.

5. A DISCUSSÃO NO PAAR 2026

A proposta de inclusão de CCUS, especificamente, no âmbito do Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAAR) foi apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) aos membros do Comitê Gestor 15 dias antes da reunião deliberativa do Comitê Gestor sobre o PAAR 2026. Já antes da reunião de apreciação da matéria, a representação da sociedade civil organizada (Observatório do Clima) defendeu a não inclusão de tal item, principalmente em função dos riscos de atraso na transição para longe dos combustíveis fósseis. Em reunião deliberativa, outros representantes se uniram ao OC e se manifestaram contra a inclusão; porém, em votação, houve um número maior de manifestações favoráveis.

Com isso, o PAAR⁽⁴⁾ aprovou que os recursos reembolsáveis do Fundo Clima, em 2026, deverão ser destinados a seis finalidades listadas. A finalidade 2 (Indústria Verde) menciona:

“Desenvolvimento tecnológico, de capacidade produtiva e comercialização de bens, serviços, equipamentos, componentes, tecnologias e materiais necessários à implantação de soluções CCUS, excluindo infraestrutura de transporte e distribuição de gás”.

Uma nota de rodapé no texto do PAAR também menciona a possibilidade de financiamento de Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono (BECCS).

Assim, entende-se que apenas DACCS estão automaticamente excluídas, enquanto CCUS e BECCS poderão ser financiadas neste período.

(4) <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/seceex/dfre/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima/PAAR2026.pdf>

6. PERGUNTAS A SEREM RESPONDIDAS E DECISÕES A SEREM TOMADAS NO FUNDO CLIMA

Dentre as dúvidas que surgiram durante e após a aprovação do PAAR 2026, destacamos as que se referem ao “quem poderá ser financiado” e “para que serão financiados”. Além disso, o “como” também deve ser esclarecido.

Quanto ao “quem”

Quanto ao “quem”, observa-se que a inclusão de CCUS ocorreu no âmbito da finalidade de “Indústria Verde”, o que abre margem a diferentes interpretações. É desejável que seja confirmada a definição de que o Fundo Clima será exclusivamente direcionado aos segmentos industriais de difícil abatimento, nos quais essas tecnologias tendem a apresentar maior relevância climática. O texto aprovado pelo PAAR não deixa claro se o Fundo Clima não financiará a captura e estocagem de carbono pela indústria fóssil, nem da captura que é feita nos campos de petróleo do pré-sal, quando o CO₂ é reinjetado nos poços para aumentar a pressão da extração, nem de projetos de armazenamento de CO₂ em aquíferos salinos pela Petrobras. Nesse sentido, é fundamental que se confirme uma definição, a fim de orientar a operacionalização por parte do BNDES

Quanto ao “para quê”

É fundamental que o Fundo Clima não financie atividades que possam resultar em aumento líquido de emissões. Nesse sentido, deve-se afastar de forma inequívoca o apoio a aplicações de CCUS que envolvam a reemissão do CO₂ capturado, uma vez que tais usos não asseguram benefício climático consistente e podem comprometer os objetivos de descarbonização

Quanto ao “como”

Sugerimos que sejam publicados critérios claros de avaliação e seleção de projetos de CCUS, de modo a afastar possíveis riscos socioambientais (especialmente diante da ausência de regulamentações por parte da ANP)

7. RECOMENDAÇÕES

- Estabelecer de forma inequívoca que o Fundo Clima financiará o uso dessas tecnologias somente em setores difíceis de descarbonizar (*hard-to-abate*), nos quais as emissões são inerentes ao processo produtivo e há escassez de alternativas tecnológicas viáveis no curto prazo;
- Condicionar a autorização de projetos de CCS/CCUS no Fundo Clima ao cumprimento de critérios de adicionalidade climática, com comprovação *ex ante* e *ex post* de reduções líquidas, mensuráveis e verificáveis de emissões ao longo de todo o ciclo de vida, e de integridade ambiental;
- Estabelecer de forma inequívoca que o Fundo Clima não financiará projetos associados à recuperação avançada de hidrocarbonetos (EOR) e a quaisquer aplicações que resultem na expansão da produção fóssil ou ao prolongamento da vida útil de ativos de petróleo, gás e carvão;
- Definir, junto à ANP, um regime claro de responsabilidade de longo prazo para os sítios de armazenamento, incluindo regras de transferência de titularidade, garantias financeiras obrigatórias e mecanismos de custeio para monitoramento pós-fechamento;
- Incorporar salvaguardas socioambientais obrigatórias, nos casos aplicáveis, incluindo processos estruturados de participação pública, consulta prévia a comunidades potencialmente afetadas e avaliação de impactos cumulativos e territoriais, de modo a assegurar a devida diligência em direitos humanos e alinhar o desenvolvimento industrial a padrões internacionais de responsabilidade socioambiental.