



CCS

CAPTURA E ARMAZENAMENTO DE CARBONO

No Brasil, o crescimento esperado para a produção de hidrocarbonetos ao longo da década é confrontado com os desafios para a sustentabilidade do setor energético frente às pressões impostas pelas mudanças climáticas já observadas. Nesse contexto, as tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (do inglês CCS – *Carbon capture and storage*) surgem como peças-chave para que as metas definidas em acordos ambientais internacionais sejam atendidas ao passo que as alternativas relacionadas a fontes renováveis possam, mantida a segurança energética, ampliar seu alcance na sociedade, incrementando sua participação na matriz energética.

O presente documento apresenta especificamente quais são os principais pilares que devem nortear a discussão de projetos de armazenamento de carbono no Brasil.

O esclarecimento de conceitos é fundamental para a transparência e credibilidade do planejamento de atividades que requerem sustentabilidade e harmonia com o meio ambiente e o conhecimento da sociedade.

A cadeia de valor dos projetos de CO₂ envolve as seguintes etapas principais:



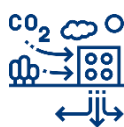
CAPTURA

Tecnologias que capturam diretamente o CO₂ do ar ou de fontes como plantas industriais.



TRANSPORTE

Movimentação do CO₂ comprimido do ponto de captura ao ponto de estocagem e/ou utilização.



ARMAZENAMENTO

Estocagem em subsuperfície, em estruturas geológicas em terra ou mar.



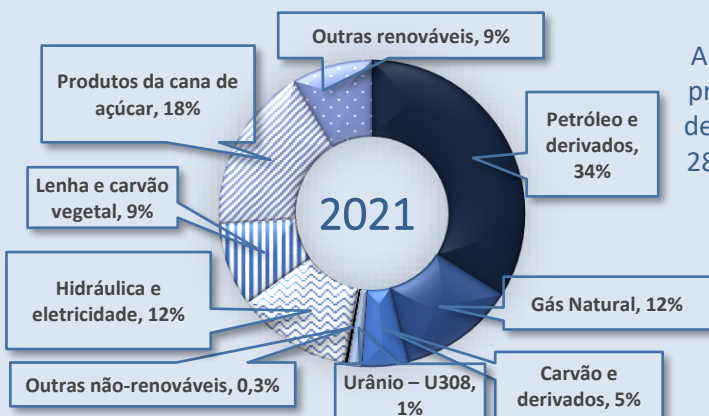
USO

Utilização do CO₂ como insumo de produtos ou serviços.

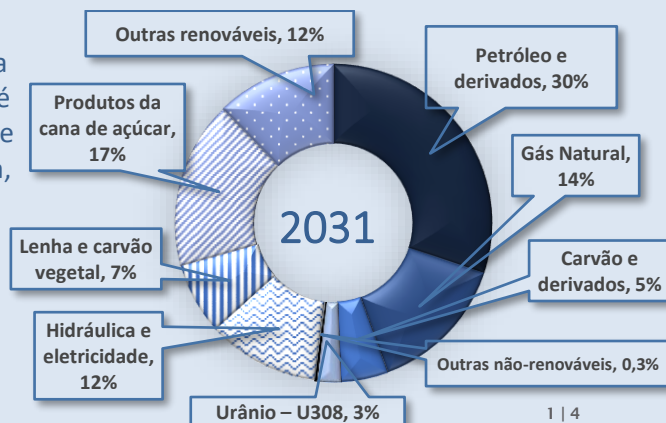
O termo CCS restringe-se aos processos de captura e armazenamento. Para menção à captura e posterior uso do CO₂, o termo CCU (do inglês *“Carbon capture and utilization”*) deve ser o empregado. Para se referir ao processo completo, que envolve a captura, utilização e armazenamento, há o termo CCUS (em inglês, *“Carbon capture, utilization and storage”*).

MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL

Fonte: EPE (2022)



A previsão para a próxima década é de crescimento de 28% na demanda, mas a matriz energética manterá sua característica altamente renovável!





Critérios básicos que devem ser considerados para a seleção de áreas para armazenamento.

A depender das propriedades geológicas específicas, vários tipos de formações podem ser usadas para armazenar CO₂. Dentre os principais sítios/tipos de estocagem subterrânea estão: reservatórios de óleo e gás, de campos ativos ou depletados; formações geológicas contendo água altamente salina (reservatórios salinos); jazidas de carvão não mineral; folhelho rico em matéria orgânica e basalto. Por poderem comportar volumes muito maiores quando comparados às demais opções, os reservatórios de óleo e gás e as formações com águas altamente salinas são aqueles com os projetos mais avançados, no mundo.

As acumulações de petróleo e gás natural estão associadas a reservatórios salinos profundos!

RESERVATÓRIOS SALINOS

O QUE É IMPORTANTE ENTENDER!

Reservatórios salinos são comumente citados como uma das opções de sítios para a estocagem de CO₂. É importante esclarecer, contudo, que os mesmos se restringem às formações profundas, distantes dos aquíferos de água doce, formadas por camadas de rocha porosa preenchidas por águas com salinidade superior a 10.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos. Isto representa um nível de água imprópria para beber ou para uso.

Fonte: DOE. NETL (2017)

O processo de captura de fontes fixas pode ser feito através de diferentes métodos, dentre os quais absorção, adsorção, membranas, criogenia e oxidação.

Na fase de identificação de locais deve ser observada a capacidade volumétrica de cada sítio. A seleção de sítios deve ser acompanhada de planos de monitoramento do CO₂ armazenado para a prevenção de vazamentos.

A etapa de caracterização e seleção dos sítios de armazenamento deve envolver, minimamente, as seguintes informações:



TIPO E QUALIDADE DO RESERVATÓRIO

Porosidade (> 15%), permeabilidade (> 10 mD) e espessura efetiva (> 15 m) são essenciais para saber a capacidade de injeção e estocagem. Uma vez que o armazenamento do gás ocorre em um estado supercrítico, a profundidade mínima estimada do reservatório deve ser de 800 metros. Camadas homogêneas são ideais.



EXISTÊNCIA DE ROCHA SELANTE

Reconhecer a presença e a espessura (preferencialmente maior do que 50 m) sobre o reservatório é fundamental.



MAPEAMENTO DE FALHAS OU FRATURAS

Voltado à identificação da integridade das estruturas envolvidas e eliminação do risco de fuga do CO₂.



TECTÔNICA LOCAL

Sismicidades baixas devem ser priorizadas à fim de garantir a integridade do projeto.



COBERTURA DE DADOS DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA

A existência de levantamentos de sísmica 2D e 3D, bem como de poços exploratórios com o registro de perfis digitais, contribuem para a caracterização das camadas.



MALHA DE POÇOS PERFURADOS

A interferência sobre as camadas de rochas selantes compromete a unidade da estrutura de armazenamento. Poços abandonados e preservados devem ser selecionados, evitando a competição com atividades produtivas ativas.

Fonte: NPD/NO. (2014); DOE/NETL (2017)

UTILIZANDO CO₂ PARA AUMENTAR A PRODUÇÃO

A utilização de CO₂ para melhorar a recuperação de hidrocarbonetos costuma ser, muitas vezes, elencada nas discussões sobre armazenamento de CO₂. No Brasil, a técnica de recuperação aprimorada de óleo (do inglês, *enhanced oil recovery – EOR*) é, há anos, aplicada pela Petrobras nos campos do pré-sal. O projeto desenvolvido pela empresa destaca-se por ter sido o primeiro de separação do CO₂ associado com gás natural em águas ultraprofundas, registrando, em uma lâmina d'água de 2.200 m, o recorde do mais profundo poço de injeção de gás CO₂.

No mundo, técnicas de recuperação aprimorada através da injeção de CO₂ para metano em leito de carvão (*enhanced coal bed methane – ECBM*), gás (*enhanced gas recovery – EGR*) e hidrato de gás (*enhanced gas hydrate recovery – EGHR*) ainda estão sendo desenvolvidas ou testadas em escala piloto.



A disponibilidade de infraestrutura para transportar, injetar e monitorar o CO₂ com segurança e confiabilidade é vital para permitir a implantação de qualquer projeto de armazenamento de carbono. Em termos dos principais fatores a serem contemplados no planejamento de projetos estão:

Infraestrutura existente e planejada

Abastecimento, Processamento e Transporte



REFINARIAS E CENTRAIS PETROQUÍMICAS



UPGNs



TERMOELÉTRICAS



TERMINAIS DE GNL



PORTOS



GASODUTOS



LINHAS DE TRANSMISSÃO



RODOVIAS



FERROVIAS

As vias dutoviária e marítima são as duas principais opções para o transporte em larga escala, sendo o uso de navios restrito, ainda em fase de testes, bastante similar ao transporte de gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural liquefeito (GNL).

O uso de caminhões e trens ainda não é economicamente viável, porém aventa-se essa possibilidade para distâncias curtas e de pequenos volumes de CO₂.

Apesar das particularidades de cada tipo de fluido, o reaproveitamento de gasodutos para o transporte de CO₂ mostra-se mais barato do que a construção de novas linhas.

Embora adaptações sejam inevitáveis, a pressão de operação e a estimativa da vida útil (especialmente baseada na corrosão) são os principais parâmetros a avaliar na reutilização de dutos descomissionados.

O compartilhamento de infraestruturas (de transporte e armazenamento) em hubs é eficiente em termos ambientais, econômicos e sociais para a descarbonização e redução da pegada de carbono.

Fontes e Mercado



REFINARIAS



UPGNs



TERMOELÉTRICAS



PLATAFORMAS E FPSOs



PETROQUÍMICA



USINAS DE ETANOL



INDÚSTRIA QUÍMICA



AÇO E CIMENTO



PAPEL E CELULOSE



MINERAÇÃO

Em todo o mundo, nota-se o papel fundamental dos governos em estimular investimentos entre parcerias público-privadas para projetos que integram captura, armazenamento e utilização.

Países como Alemanha, Canadá, China, Emirados Árabes Unidos, Estados Unidos, Japão, Noruega e Reino Unido estão entre aqueles que capitaneiam os projetos-pilotos mais avançados.

A descarbonização envolve o conjunto de ações relacionadas à evitação, redução ou compensação das emissões de GEE.

O termo “pegada de carbono” se refere à quantidade total de GEE (incluindo dióxido de carbono e metano) gerados por ações antrópicas.

O reconhecimento da proximidade em relação às principais fontes emissoras e dos mercados que possam aproveitar as vantagens do armazenamento faz parte da seleção estratégica de sítios para CCS e eventualmente CCUS.



Como o assunto é tratado na legislação brasileira?

O armazenamento de carbono pode ser um aliado para o posicionamento estratégico do setor energético brasileiro frente a movimentação internacional para as mudanças necessárias no uso de energia, redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. O desenvolvimento de planos estratégicos, políticas, regulações e mecanismos financeiros nacionais, regionais ou locais relacionados à atividade faz parte da pauta de interesses do governo brasileiro.

Desde 2009, através do estabelecimento da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC, Lei nº. 12.187/2009), o Brasil vem discutindo quais seriam as melhores medidas para promover a difusão de tecnologias, processos e práticas capazes de reduzir emissões ou promover remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa.

O reposicionamento das atividades de Óleo e Gás diante das discussões climáticas, incluindo a promoção da captura e estocagem de CO₂, tem sido alvo de esforços regulatórios específicos do Governo Federal.

Decreto nº 11.075/2022

Estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Publicado em 19/05/2022

Resolução CNPE nº 05/2022

Estabelece medidas de estímulo ao desenvolvimento e produção de campos ou acumulações marginais. Regulação e proposta para mitigar as emissões de GEE de campos maduros.

Publicado em 23/06/2022

Projeto de Lei nº 1.425/2022

Disciplina a exploração da atividade de armazenamento permanente de CO₂ em reservatórios geológicos ou temporários, e seu posterior reaproveitamento.

Em tramitação
(aprovada pelas Comissões de Serviços de Infraestrutura e Meio Ambiente)

CCS NO HORIZONTE DO SETOR DE ÓLEO E GÁS DO BRASIL

A participação do setor de óleo e gás na matriz energética nacional se manterá expressiva no médio e longo prazo, devido a aspectos econômicos, de suprimento da indústria e no abastecimento do modal rodoviário. Contudo, para um futuro de fato mais sustentável, ambientalmente consciente e socialmente democrático, as produções devem avançar por um processo de descarbonização, sendo o CCS uma alternativa reconhecida. Diálogos multidisciplinares são essenciais para a avaliação responsável das oportunidades, dos desafios e da economicidade de captura, transporte, armazenamento e uso dos gases de efeito estufa.

Além de contribuir para a transição energética, favorecendo processos que culminam em emissões negativas, e auxiliando na mitigação daqueles que envolvem as emissões que não podem ser evitadas, as tecnologias de CCS aplicam-se a setores variados da indústria, como alternativa no cumprimento dos objetivos e metas climáticas. Ademais representam uma opção tática para a exploração de um negócio em franco crescimento internacional: o mercado de créditos de carbono. O Projeto de Lei n. 412/2022, voltado à regulamentação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) de gases que provocam o efeito estufa, está atualmente em tramitação no Congresso Nacional.

Por outro lado, há ainda geração de valor econômico através da retenção de empregos oriundos do setor de óleo e gás, bem como pela criação de novas vagas com a adaptação e desenvolvimento da expertise acumulada. O impacto é particularmente relevante em escala local e regional, nas proximidades diretas dos projetos de armazenamento, sendo uma importante forma de promover a transição energética com responsabilidade social.

Ademais, o reaproveitamento das estruturas da indústria de hidrocarbonetos carrega em si um componente importante para a real sustentabilidade do setor, auxiliando na redução dos custos e da pegada ambiental do descomissionamento dessas instalações.

Acompanhe as publicações da EPE em:



Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis Superintendência de Petróleo e Gás Natural

Coordenação Geral
Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Executiva
Marcos Frederico Farias de Souza

Equipe Técnica
Adriana Queiroz Ramos
Camila da Mota Carvalho
Deise dos Santos Trindade Ribeiro
Katia Souza D'Almeida
Nathália Oliveira de Castro

Pamela Cardoso Vilela
Péricles de Abreu Brumati
Raul Fagundes Leggieri
Regina Freitas Fernandes
Roberta de Albuquerque Cardoso
Victor Hugo Trocate da Silva

A EPE se exime de quaisquer responsabilidades sobre decisões ou deliberações tomadas com base no uso das informações contidas neste informe, assim como pelo uso indevido dessas informações.