



Empresa de Pesquisa Energética

## NOTA TÉCNICA

# ENERGIA E MEIO AMBIENTE - PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA – PDE 2032

DEZEMBRO DE 2022

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## ■ Colaboradores

### Coordenação Geral

Giovani Vitória Machado

### Coordenação Executiva

Elisângela Medeiros de Almeida

### Coordenação Técnica

Hermani de Moraes Vieira

### Equipe Técnica

Alfredo Lima Silva

Ana Dantas Mendez de Mattos

André Cassino Ferreira

André Viola Barreto

Bernardo Regis de G. de Oliveira

Carina Renno Siniscalchi

Carolina M. H. de G. A. F. Braga

Clayton Borges da Silva

Cristiane Moutinho Coelho

Daniel Dias Loureiro

Daniel Filipe Silva

Glauce Maria Lieggio Botelho

Guilherme de Paula Salgado

Gustavo Fernando Schmidt

Kátia Gisele Soares Matosinho

Juliana Velloso Durão

Leyla Adriana Ferreira da Silva

Leonardo de Sousa Lopes

Luciana Álvares da Silva

Marcos Ribeiro Conde

Maria Fernanda Bacile Pinheiro

Mariana Lucas Barroso

Mariana R. de Carvalhaes Pinheiro

Paula Cunha Coutinho

Robson O. Mattos

Silvana Andreoli Espig

Valentine Jahnel

Verônica S. M. Gomes

Vinicius Mesquita Rosenthal

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Ministro de Estado**  
Adolfo Sachsida

**Secretário-Executivo**  
Hailton Madureira de Almeida

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**  
José Guilherme de Lara Resende

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**  
Rafael Bastos da Silva

<http://www.mme.gov.br>



**Presidente**

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**  
Giovani Vitória Machado

**Diretora Substituta de Estudos de Energia Elétrica**  
Angela Regina Livino de Carvalho

**Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis**  
Heloísa Borges Bastos Esteves

**Diretora de Gestão Corporativa**  
Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

## ■ Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Desafios socioambientais estratégicos.....</b>	<b>6</b>
2.1	Compatibilização da produção, geração e transmissão de energia com a conservação da biodiversidade .....	7
2.2	Compatibilização da geração e produção de energia com outros usos da água .....	8
2.3	Mitigação e adaptação às mudanças climáticas.....	10
<b>3</b>	<b>Oportunidades socioambientais estratégicas.....</b>	<b>13</b>
3.1	Aproveitamento energético dos resíduos .....	14
3.2	Otimização de recursos e de infraestrutura .....	15
3.3	Mecanismos de sustentabilidade e de descarbonização para projetos energéticos.....	16
<b>4</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Referência bibliográfica .....</b>	<b>18</b>

## ■ Lista de Figuras

Figura 1 – Localização dos projetos contratados.....	6
--	---

# 1 Introdução

A análise socioambiental da expansão energética busca discutir as principais questões socioambientais associadas à produção, geração e transmissão de energia. De forma geral, a conjuntura das políticas e discussões relacionadas à energia e ao meio ambiente, sobretudo aquelas que se referem às mudanças do clima, é fundamental para compreender como a expansão energética acontece e quais seus desafios e oportunidades estratégicas.

Ao longo dos anos, as questões climáticas se tornaram cada vez mais relevantes para a expansão energética. Isso se dá pela forte relação do setor energético com as mudanças climáticas, tanto pelo seu papel nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na produção e no uso de energia; quanto pela sua vulnerabilidade frente a alterações do clima.

O fato de o Brasil possuir uma matriz energética com grande participação de fontes renováveis faz com que o setor tenha uma condição singular. Se, por um lado, essa característica pressupõe alta vulnerabilidade por conta da interdependência com o clima e com os recursos naturais, principalmente o recurso hídrico; por outro lado, o setor energético respondeu por apenas 18% do total das emissões brasileiras em 2021 (SEEG, 2022).

Não obstante esse quadro, dado o longo caminho que o País tem a percorrer para atingir padrões socioeconômicos comparáveis aos de países desenvolvidos e para reduzir suas desigualdades sociais, é esperado que o consumo de energia per capita aumente até 2032. As emissões do setor também seguem a mesma lógica e tendem a ser crescentes.

Nesse cenário de desenvolvimento, tem-se como pressuposto um processo de transição energética justo, apoiado em medidas que visam aumentar o bem-estar social, como a promoção do amplo acesso à energia de qualidade (Ver Box 1). Ao mesmo tempo, é essencial investir em medidas de mitigação e adaptação, buscando um sistema energético mais resiliente e seguro.

## Box 1 - Base de dados e indicadores de Energia e Bem-estar

A energia impacta diversas dimensões do bem-estar social, incluindo saúde, educação, segurança alimentar, equidade de gênero, meios de subsistência, trabalho e redução da pobreza<sup>1</sup>.

De modo a monitorar como a energia contribui para o bem-estar do País, a EPE está construindo o Sistema de Indicadores de Energia, Meio Ambiente e Sociedade - SIEMAS Bem-estar, que pretende medir e acompanhar os efeitos da energia sobre o bem-estar social, ao longo do tempo, pelas diferentes regiões do território nacional. Pretende-se que esta base de dados gere novos subsídios para o planejamento energético.

Com o intuito de coletar contribuições relativas aos indicadores selecionados e fortalecer o diálogo com a sociedade, foi elaborado um documento base que esteve em consulta pública em julho e agosto de 2022.

Para saber mais sobre o SIEMAS Bem-estar, os conceitos e os indicadores, acesse o documento base: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/acesso-a-informacao/participacao-social/Documents/SIEMAS%20Bem-estar\\_Documento%20Base.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/acesso-a-informacao/participacao-social/Documents/SIEMAS%20Bem-estar_Documento%20Base.pdf)

<sup>1</sup> Devido à relação entre energia e bem-estar social, a ONU estabeleceu o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS 7, que compõe a Agenda 2030, voltado especificamente para a meta de garantir o acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.

Quanto à conjuntura política, especificamente neste ciclo, cabe mencionar sinalizações importantes para a construção da trajetória energética do País, no médio e no longo prazo. Dentre elas, estão os compromissos de redução de emissões firmados pelo Brasil, signatário do Acordo de Paris, que incluem: a atualização da sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC); o Compromisso Global das reduções do Metano e as Diretrizes para uma Estratégia Nacional para Neutralidade Climática.

Aliam-se a isso, iniciativas recentes como: os avanços na criação de instrumentos para o mercado de carbono regulado e a proposta de um mercado global de metano apresentada pelo governo brasileiro na última Conferência das Partes (COP 27)<sup>1</sup>; o Programa Metano Zero, instituído no âmbito da Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano; e o Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas do País (PRR), que visa convergir ações estruturais envolvendo o suprimento energético nacional e a preservação dos usos da água.

Finalmente, buscou-se uma visão integrada da expansão energética, tendo como base as principais questões socioambientais e a análise espacial da expansão energética contratada. Nesse escopo, foram identificados os desafios socioambientais estratégicos a serem enfrentados e as oportunidades socioambientais estratégicas que podem ser aproveitadas no horizonte decenal.

### *Conjuntura das políticas climáticas*

O Brasil, signatário do Acordo de Paris, na segunda atualização da sua Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC<sup>2</sup> (Brasil, 2022), se comprometeu com a redução de 37% de suas emissões em 2025 e de 50% em 2030, tendo 2005 como ano-base. Cabe observar que as metas se aplicam a todo o conjunto da economia, ou seja, não houve distribuição de metas entre os setores. Sendo assim, as metas brasileiras podem ser atingidas por diferentes caminhos. Todavia, cabe ressaltar que os Planos Setoriais de Mitigação de Mudanças Climáticas deverão contar com metas gradativas de redução de emissões e devem servir como referência para a definição das trajetórias setoriais. Os Planos foram estabelecidos no Decreto n. 11.075/2022, que instituiu mecanismos para a criação do mercado brasileiro de carbono (Box 2).

#### **Box 2 - Mercados de Carbono**

O Decreto Federal n. 11.075/2022 pode ser considerado o ponto de partida para a criação de um instrumento de precificação via mercado a fim de impulsionar a redução das emissões. O Decreto estabeleceu os Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, que serão importantes para direcionar a implantação de medidas de reduções de emissões de GEE a partir da definição de metas para agentes setoriais. De acordo com o Decreto, os Planos Setoriais contarão com o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) como instrumento de operacionalização, o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare) para registro e a classificação dos créditos de carbono e de metano como ativos financeiros. A menção específica a créditos de metano está alinhada com a proposta brasileira de criação de um mercado global de metano feita na última COP 27.

Todavia, ainda faltaram definições sobre pontos importantes, como o funcionamento do mercado e dos mecanismos de mensuração, reporte e verificação (MRV) de emissões de GEE. Vale destacar que esses e outros pontos foram amplamente discutidos no âmbito do Projeto de Lei (PL) n. 2.148/2015 e seus apensados. Além disso, o Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima e o Crescimento Verde instituiu um Grupo Técnico<sup>1</sup>, coordenado pelo Ministério da Economia, para subsidiar a implementação dos mecanismos do Artigo 6º do Acordo de Paris<sup>2</sup> no Brasil. Diante dessa mobilização, ainda são esperados, em breve, avanços mais efetivos na regulamentação e implementação dos mercados de carbono brasileiro e internacional.

<sup>1</sup> Resolução CIMV n. 4, de 28 de abril de 2022.

<sup>2</sup> O Artigo 6º do Acordo de Paris prevê a cooperação voluntária entre os países para a implementação de NDCs. Os mecanismos consagrados neste Artigo formam o arcabouço legal para permitir a mitigação de mudanças climáticas baseada nos instrumentos de mercado e cooperação internacional.

As políticas públicas relativas à mudança do clima são tratadas na esfera do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e Crescimento Verde (CIMV), instituído pelo Decreto n. 10.845/2021. O Comitê já instituiu quatro grupos técnicos temporários para subsidiar: a elaboração

<sup>1</sup> A 27ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) foi realizada no Egito, em novembro de 2022.

<sup>2</sup> *Nationally Determined Contribution*, em inglês.

da estratégia nacional para implementação da NDC<sup>3</sup>; a implementação dos mecanismos do Artigo 6º do Acordo de Paris no Brasil<sup>4</sup>; a implementação do Programa Nacional de Crescimento Verde<sup>5</sup>; e a revisão do primeiro ciclo e elaboração de diretrizes para o segundo ciclo do Plano Nacional de Adaptação<sup>6</sup>.

As medidas que compõem a estratégia brasileira de longo prazo foram apresentadas no documento “Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática” (MMA, 2022). Para o setor de energia, destacam-se:

- Alcançar uma participação entre 45% e 50% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030;
- Expandir a participação e o consumo de biocombustíveis por meio do RenovaBio<sup>7</sup>;
- Incentivar a fabricação e o uso de veículos elétricos e híbridos elétricos;
- Promover ganhos de eficiência no setor energético e elétrico;
- Fomentar o aproveitamento energético de resíduos;
- Reduzir pegada de carbono para o setor de óleo e gás e de biocombustíveis.

Para além das estratégias, o País também se comprometeu, em 2021, com o Compromisso Global do Metano e, com isso, terá que reduzir em 30% suas emissões de metano até 2030, tendo 2020 como linha de base (Global Methane Pledge, 2022). Posteriormente, na COP 27, o governo brasileiro propôs a criação de um mercado global de créditos de metano, visando a viabilidade econômica de medidas de redução das emissões de metano (MMA, 2022c).

As diversas medidas governamentais sinalizam para a manutenção da renovabilidade da matriz energética brasileira. Portanto, considerando o potencial brasileiro para produção de energia a partir de fontes renováveis, a principal estratégia de mitigação de emissões de GEE do setor é justamente manter elevada a participação dessas fontes na matriz, a fim de garantir que as emissões decorrentes da produção e uso de energia continuem baixas.

### *Análise espacial da expansão*

A análise espacial da expansão de energia apresenta o conjunto dos projetos contratados nos leilões de energia (ver Figura 1), o que permite a identificação preliminar de possíveis efeitos cumulativos nas regiões de maior ocorrência dos empreendimentos. Nesse sentido, o mapeamento indica áreas sujeitas a sobrecargas em recursos naturais ou à pressão sobre ambientes sensíveis, necessitando, desta forma, de atuação mais estratégica em determinadas situações. Outro aspecto da espacialização é a possibilidade de visualizar sinergias da própria expansão, como a complementariedade entre as fontes, contribuindo para um planejamento energético mais eficiente e resiliente às alterações do clima.

No horizonte decenal está previsto um acréscimo de 6,9 GW de potência no sistema a partir de 13 novas UTEs: 10 UTEs a gás natural (5,2 GW), 2 a diesel (0,3 GW) e 1 nuclear (1,4 GW). Somase a esse conjunto o montante de 4,1 GW de UTEs GN existentes. As unidades contratadas estão localizadas predominantemente na região costeira, próximas ao centro de carga ou da fonte de combustível. Ressalta-se que as maiores capacidades instaladas se encontram nas regiões Sudeste e Sul, locais de maior demanda.

Os empreendimentos eólicos terão uma expansão de 6,1 GW (175 parques contratados), localizados exclusivamente na região Nordeste, com previsão de entrada em operação até 2026. Já a

<sup>3</sup> Resolução CIMV n. 3, de 28 de abril de 2022.

<sup>4</sup> Resolução CIMV n. 4, de 28 de abril de 2022.

<sup>5</sup> Resolução CIMV n. 5, de 28 de abril de 2022.

<sup>6</sup> Resolução CIM n. 3, de 17 de agosto de 2021.

<sup>7</sup> Política Nacional de Biocombustíveis, disposta na Lei n. 13.576/2017.

expansão fotovoltaica é responsável pelo incremento de 3 GW contratados, distribuído em 88 projetos no Nordeste e no Sudeste.

Dentre a expansão de UHEs, estão contratados 97 MW relativos a uma nova usina hidrelétrica no Centro-Oeste e a finalização da motorização de uma usina no Sul. Com relação às PCHs e CGHs, 52 projetos (628 MW) estão contratados, com previsão de entrada em operação até 2026.

Para as usinas termelétricas renováveis 1,4 MW já estão contratados (25 UTEs novas e 5 ampliadas), sendo: 18 UTEs a bagaço de cana (727 MW), 1 UTE a licor negro (384 MW), 7 UTEs a cavaco/resíduos (196 MW), 2 UTEs a óleos vegetais (68 MW), 1 UTE a partir de incineração de resíduos sólidos urbanos (20 MW) e 1 UTE a capim elefante (18 MW), distribuídas em todas as regiões do Brasil. Destaca-se a concentração das UTEs renováveis no Sudeste, principalmente associada à cultura da cana-de-açúcar.

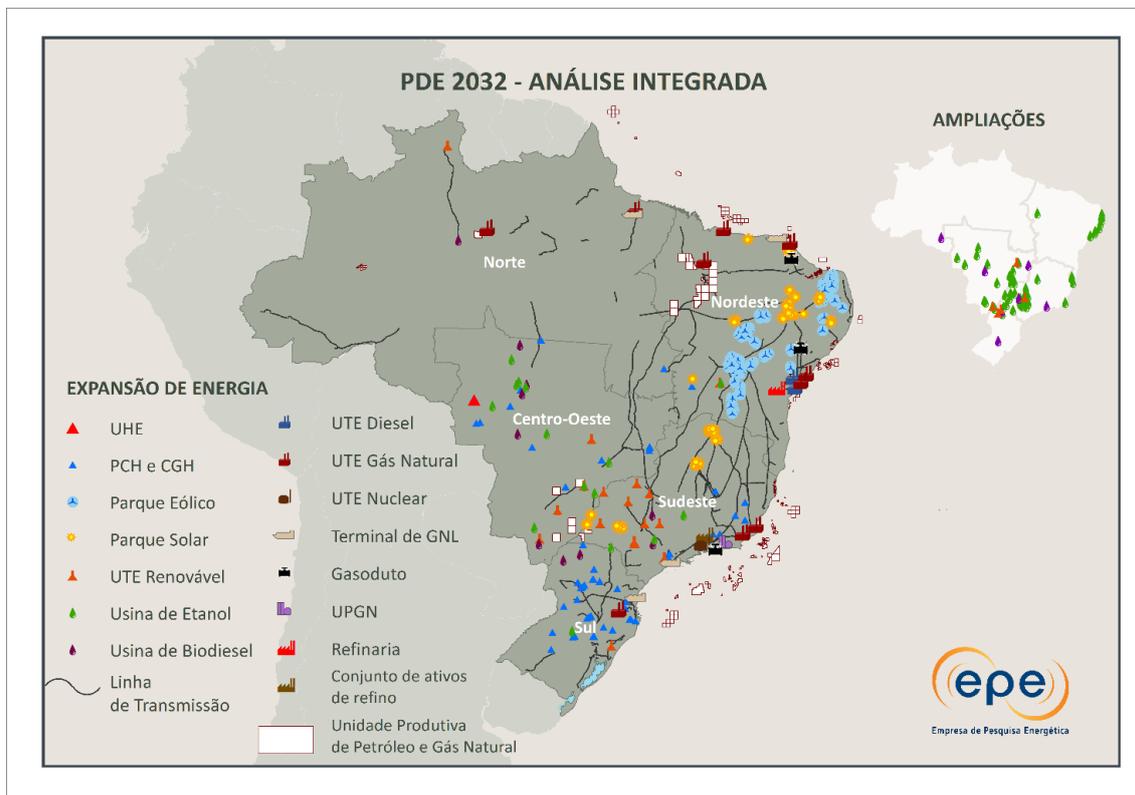
A expansão da transmissão para os próximos 10 anos prevê a implantação de 41.459 km, ou seja, um aumento de 24% na extensão do sistema, sendo 17.785 km previstos para entrar em operação até 2027. Há expansão de linhas em todas as regiões com grandes troncos de interligação que aumentam a capacidade de intercâmbio elétrico entre os subsistemas e interligam regiões isoladas ao SIN. Há também ampliação da rede para atendimento ao aumento da demanda por energia elétrica, em especial nas capitais. Destaca-se a grande expansão no Sudeste para escoar a energia de UTEs e usinas solares e ainda reforçar o subsistema. No Norte, é observada a interligação Manaus-Boa Vista e a integração dos principais centros urbanos do Acre ao SIN. Já no Nordeste, as linhas atendem o potencial de geração das usinas eólicas, fotovoltaicas e termelétricas. No Sul, têm destaque as linhas para atendimento a regiões metropolitanas.

Para os empreendimentos de petróleo e gás natural, está previsto o início da produção de recursos convencionais em 321 UPs (Unidades Produtivas) em áreas contratadas. As UPs onshore estão no Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste; enquanto as UPs offshore estão concentradas principalmente na região Sudeste, com ocorrência também no Nordeste, Norte (ao longo da margem equatorial) e no Sul. Em relação ao abastecimento, estão planejadas: 1 refinaria nova no Nordeste e 1 conjunto de ativos de refino no Sudeste; 4 gasodutos (3 previstos, 1 no Sudeste e 2 no Nordeste, e 1 indicativo no Nordeste); além de 5 terminais de regaseificação (4 previstos no Norte, Sul, Sudeste e Nordeste e 1 indicativo no Nordeste). Está prevista ainda uma UPGN no Sudeste.

Para o etanol, está planejada a expansão de 12,3 bilhões de litros. Para se atingir tal volume é prevista a entrada em operação de 16 usinas em fase de construção, a ampliação de 54 usinas, além da indicação de 33 projetos (cana e milho). Das 16 usinas em construção: 2 são flex (milho e cana-de-açúcar), 7 são full (milho), 4 são de cana-de-açúcar e 3 são de outras matérias-primas. Estão localizadas basicamente no Centro-Oeste, predominantemente em áreas de alta e média aptidão agrícola para cana-de-açúcar e que têm se mostrado viáveis também para a produção de etanol de milho. As 54 usinas em ampliação estão em todas as regiões, com predominância no Sudeste.

Já para o biodiesel, o cenário de oferta do PDE 2032 prevê uma expansão de 5,8 bilhões de litros da capacidade instalada. Está prevista a instalação de 11 novas usinas que se concentram na região Centro-Oeste, associadas ao cultivo da soja, principal matéria-prima. Há unidades também nas regiões Norte, Sudeste e Sul. As sete ampliações previstas estão no Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Norte.

A Figura 1 apresenta a localização dos projetos contratados.



**Figura 1 – Localização dos projetos contratados**

Na região Nordeste destacam-se os parques eólicos, as usinas solares fotovoltaicas e as UTEs a gás natural. Observam-se também as linhas de transmissão para o escoamento desses empreendimentos.

Já na região Sudeste destaca-se, na região costeira, a exploração e produção de petróleo e gás natural e sua infraestrutura associada (têrmicas a gás natural, gasodutos, UPGN e terminal de GNL) e no interior predominam as têrmicas a biomassa.

Na região Sul sobressaem as hidrelétricas (PCHs e CGHs) e as linhas de transmissão planejadas. Para a região Centro-Oeste, além das PCHs e CGHs, chama a atenção as usinas de etanol.

Por último, na região Norte são notadas tanto as linhas de transmissão, quanto a infraestrutura de petróleo e gás natural.

Observando-se a distribuição geográfica da expansão energética contratada e as principais questões socioambientais apresentadas, foram identificados os desafios e oportunidades socioambientais estratégicos para o horizonte decenal.

## 2 Desafios socioambientais estratégicos

Os desafios socioambientais expõem a complexidade socioambiental de um assunto frente à expansão energética. Os desafios considerados como estratégicos envolvem questões que podem representar riscos para uma expansão com sustentabilidade e demandam maiores esforços para sua resolução.

Dessa forma, foram considerados os seguintes desafios socioambientais estratégicos para a expansão: compatibilização da geração, produção e transmissão de energia com a conservação da biodiversidade; compatibilização da geração e produção de energia com outros usos da água; e mitigação e adaptação às mudanças climáticas.



## 2.1 Compatibilização da produção, geração e transmissão de energia com a conservação da biodiversidade

O uso dos recursos naturais pelo setor energético, assim como as demais atividades humanas, apresenta processos impactantes negativos sobre a biota, seja diretamente sobre os indivíduos, nos habitats ou em processos ecológicos.

A expansão concentrada de empreendimentos eólicos e fotovoltaicos traz desafios para a gestão das interferências na biodiversidade, principalmente em função de possíveis efeitos cumulativos e sinérgicos da combinação desses projetos com as linhas de transmissão planejadas para escoar sua energia. Atualmente, as iniciativas do setor têm sido promovidas na escala de projeto, buscando evitar ou minimizar a supressão de vegetação nativa e adotando medidas para mitigar, monitorar e compensar interferências, como programas de recuperação florestal e monitoramento da avifauna. Já no caso de linhas de transmissão, desde a fase de planejamento é notável a articulação do setor para desviar o traçado de remanescentes de vegetação nativa e de outras áreas de importância regional para a conservação da biodiversidade.

No mesmo sentido, a conservação da biodiversidade também é um desafio para empreendimentos hidrelétricos em regiões sensíveis ou fragmentadas por uma grande quantidade de barramentos. Para lidar com esta questão, a principal ferramenta utilizada tem sido os estudos que consideram os efeitos de todo o conjunto de projetos em uma bacia hidrográfica, como a Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e o Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica (EIBH). Além disso, os guias e protocolos de sustentabilidade e a adoção de padrões de desempenho socioambientais de instituições como a Associação Internacional de Hidrelétricas (IHA) e o Grupo Banco Mundial contribuem para a difusão das melhores práticas internacionais em todas as etapas do projeto hidrelétrico.

O setor petrolífero também enfrenta o desafio de compatibilizar suas atividades com a conservação da biodiversidade e, por isso, tem empenhado esforços para um planejamento integrado com o setor ambiental. Destaca-se a realização das Avaliações Ambientais de Áreas Sedimentares (AAAS), que buscam conciliar o desenvolvimento das futuras atividades de petróleo e gás natural com os aspectos socioambientais regionais. Para as áreas que ainda não foram submetidas às AAAS, se mantém a manifestação conjunta prévia à oferta de blocos, realizada por ANP e Ibama, ouvidos também os órgãos ambientais estaduais. Também pode ser citada a realização de discussões inter-setoriais para promover boas práticas e aprimorar procedimentos do processo de licenciamento ambiental de atividades de E&P.

Por fim, destaca-se o lançamento da ferramenta interativa da EPE BiodivEPE – Biodiversidade no planejamento de projetos de energia (Box 3). O objetivo da ferramenta é auxiliar a sociedade a incorporar externalidades ambientais e reduzir ameaças à biodiversidade desde as fases iniciais do planejamento de projetos do setor de energia. Dessa forma, busca-se promover a sustentabilidade ao abrir possibilidades no processo de tomada de decisão sobre alocação e desenho de projeto em relação aos impactos sobre a biodiversidade (EPE, 2022a).

As inúmeras iniciativas, as articulações e os esforços mencionados traduzem a importância e o caráter estratégico desse desafio para os setores energético e ambiental. Dessa forma, é fundamental prosseguir com a busca por soluções conjuntas que estejam em consonância com as políticas de desenvolvimento energético e de conservação da biodiversidade.

### Box 3 - BiodivEPE: biodiversidade no planejamento de projetos de energia

No contexto da compatibilização entre a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento energético, a EPE lançou em maio de 2022 a ferramenta interativa BiodivEPE.

A ferramenta reúne informações sobre áreas relevantes para a biodiversidade em uma única base de dados, reduzindo a assimetria de informações e permitindo que empresas e investidores avaliem a localização dos seus projetos quanto aos riscos associados à biodiversidade, ainda na fase de planejamento.

O usuário pode inserir a localização dos projetos planejados e verificar a sobreposição ou proximidade com as áreas relevantes, possibilitando ajustes na alocação ou no desenho dos projetos para evitar ou reduzir impactos sobre a biodiversidade. Outras funcionalidades como consultas, seleção de dados e medições de áreas e distâncias também estão disponíveis. É possível ainda gerar e imprimir relatório com os resultados obtidos na ferramenta BiodivEPE.

Acesse o vídeo de apresentação e a ferramenta BiodivEPE em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/biodivepe-biodiversidade-no-planejamento-de-projetos-de-energia>



## 2.2 Compatibilização da geração e produção de energia com outros usos da água

A água é um recurso natural essencial para diversas atividades, como o abastecimento humano, a dessedentação animal, a irrigação, a geração de energia, a navegação, o lazer, dentre outras. Conforme preconizado na Lei n. 9.433/1997, a gestão dos recursos hídricos tem o papel de promover esse uso múltiplo, compatibilizando os diferentes interesses e demandas e evitando possíveis conflitos.

A gestão dos recursos hídricos é complexa, principalmente em regiões em que há grande demanda pelo recurso ou, ainda, em áreas de baixa disponibilidade de água. Considerando a previsão da demanda crescente por água (ANA, 2021), os conflitos tendem a aumentar no futuro, com o aumento da quantidade e da diversidade de usuários, sobretudo em períodos de escassez hídrica.

Nesse contexto, o setor energético tem papel relevante como usuário dos recursos hídricos. A água é usada como insumo primário para a geração de energia hidrelétrica ou em parte do processo produtivo, para resfriamento de usinas termelétricas, limpeza de painéis fotovoltaicos e irrigação de cana-de-açúcar. Além disso, o setor ainda armazena e regulariza a água por meio dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Diante da perspectiva de expansão do setor, esse desafio foi considerado relevante para usinas hidrelétricas, termelétricas não renováveis e solares fotovoltaicas, assim como para a produção de etanol.

No que diz respeito às hidrelétricas, o aumento dos outros usos da água nas bacias hidrográficas pode resultar tanto na redução da produção de energia, em função do aumento das retiradas para os usos consuntivos a montante das hidrelétricas, quanto na ampliação da inflexibilidade da geração hidrelétrica, por meio do estabelecimento de restrições operativas às UHEs. Essa questão é relevante para a expansão de novas UHEs e para a modernização e repotenciação de usinas existentes.

Para as usinas termelétricas e fotovoltaicas, compatibilizar a expansão prevista com outros usos da água pode ser um desafio em regiões com déficit hídrico. Considerando isso, deve-se atentar para o uso de tecnologias com baixo consumo de água, ou que evitem o acúmulo de sujeira, além de priorizar outras fontes de água, como a água do mar.

Já para a produção de etanol, a disponibilidade hídrica pode ser uma questão ao se considerar o volume de água para irrigação e a alta concentração de usinas em uma região já industrializada e

com crescente demanda pela água. Com isso, o setor sucroalcooleiro busca aprimorar seus processos a fim de melhorar a eficiência na produção da cana e na indústria. Nessa linha, o Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde do estado de São Paulo é uma iniciativa relevante e de referência setorial para promoção da redução dos índices de consumo de água.

No âmbito geral, o novo Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040 (MDR, 2022) é um importante instrumento para a gestão de recursos hídricos no País. Ele apresenta diversos aspectos relacionados à integração da Política Nacional de Recursos Hídricos com a geração de energia, possuindo interface com o PDE e com o Plano de Recuperação de Reservatórios (PRR) (Resolução CNPE n. 8/2022). O PRR, por sua vez, busca melhorar a integração de políticas, planejamento, governança e regulação do setor elétrico e dos demais setores usuários de recursos hídricos no sentido de otimizar e garantir os usos múltiplos da água (Box 4).

Em suma, o setor energético tem a responsabilidade de otimizar o uso do recurso hídrico na geração e reduzir o consumo quando possível. Para isso, deve buscar promover o incentivo à pesquisa, o monitoramento e a implantação de práticas e tecnologias mais eficientes. Paralelamente, é fundamental manter o diálogo constante com os órgãos gestores dos recursos hídricos a fim de buscar soluções para compatibilizar os usos múltiplos da água e evitar conflitos de uso.

#### **Box 4 – O Plano de Recuperação de Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas (PRR)**

O PRR<sup>1</sup> foi desenvolvido por um grupo de trabalho<sup>2</sup> com coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME) e participação do Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

O objetivo é viabilizar, ao longo de 10 anos, a recuperação dos níveis de armazenamento dos reservatórios de regularização de usinas hidrelétricas do País. Para isso, busca-se uma avaliação multisetorial integrada, que privilegie tanto a segurança energética do SIN quanto a segurança hídrica, preservando os usos múltiplos da água.

O Plano está estruturado em ações divididas em diferentes horizontes de implementação, de curto, médio e longo prazo, e em quatro grandes frentes de atuação: aspectos físicos dos reservatórios; dinâmica de operação dos reservatórios; planejamento da operação e da expansão do SIN; e modelagem matemática.

A partir das ações propostas, os resultados esperados para cada frente de atuação devem permear três eixos: i) prevenção, a partir da redução da probabilidade de deplecionamento dos reservatórios a níveis considerados críticos sob a ótica de usos múltiplos, incluída a segurança energética; ii) comunicação, conferindo maior previsibilidade e compreensão dos riscos inerentes para os usuários da água, bem como redução de assimetria entre agentes institucionais envolvidos; e iii) adaptação, aumentando a adaptação e resiliência climática do sistema elétrico brasileiro e dos usuários da água face a situações de escassez hídrica.

A iniciativa contribui para a sinergia de políticas, planejamento, governança e regulação do setor elétrico e dos demais setores usuários de recursos hídricos no sentido de otimizar os usos múltiplos da água, promovendo benefícios para toda a sociedade.

Para mais informações acesse: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/publicada-resolucao-do-cnpe-que-aprova-plano-de-recuperacao-de-reservatorios/Plano\\_de\\_Recuperacao\\_dos\\_Reservatorios\\_PRR\\_Final\\_11\\_07\\_2022.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/publicada-resolucao-do-cnpe-que-aprova-plano-de-recuperacao-de-reservatorios/Plano_de_Recuperacao_dos_Reservatorios_PRR_Final_11_07_2022.pdf)

<sup>1</sup> Aprovado por meio da Resolução CNPE n. 8/2022.

<sup>2</sup> Grupo de trabalho instituído pela Resolução CNPE n. 2/2022.



## 2.3 Mitigação e adaptação às mudanças climáticas

O setor energético está fortemente relacionado com as questões climáticas seja pela mitigação das emissões GEE na produção e uso de energia, seja pela sua necessidade de adaptação dos projetos energéticos às alterações do clima.

No caso da **mitigação** das emissões de GEE, ainda que o Brasil se destaque por sua matriz energética altamente renovável, a disponibilidade de recursos naturais renováveis e tecnologias fazem com que o setor energético assuma um papel importante no atendimento aos compromissos de redução de emissões firmados pelo País.

De acordo com o Balanço Energético Nacional – BEN 2022 (EPE, 2022c), o total de emissões associadas à matriz energética brasileira atingiu 445,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e em 2021. Os principais responsáveis foram o setor de transportes, com 45% do total de emissões e o setor industrial, com 18%. Em ambos, iniciativas para redução das emissões de GEE estão relacionadas à substituição de combustíveis, com foco nos biocombustíveis, e medidas para se aumentar a eficiência energética dos meios de transporte e dos processos industriais.

O Programa RenovaBio é a principal política relacionada a biocombustíveis e funciona a partir de três eixos: metas de descarbonização, certificação da produção de biocombustíveis e créditos de descarbonização (BRASIL, 2017). Também se destaca o Programa Combustível do Futuro<sup>8</sup> que visa ampliar o uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono a partir da integração de diversas políticas públicas (CNPE, 2021). Adicionalmente, o setor de transportes tem potenciais ganhos de eficiência sistêmica, como a migração do uso de transportes individuais para coletivos, ou a substituição da movimentação de carga pelo modo rodoviário para os modos ferroviário e aquaviário. No que tange aos veículos individualmente, programas governamentais como o Rota 2030<sup>9</sup> (aumento da eficiência de veículos) e o Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores<sup>10</sup> (redução de emissões) buscam promover a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento tecnológico.

Já para a indústria, as medidas de eficiência energética incluem uma combinação entre mecanismos de políticas existentes incidentes sobre a indústria brasileira, tendo como marco a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia<sup>11</sup>, e ações autônomas das indústrias, ligadas a aspectos como *retrofit* de instalações, novas unidades industriais, mais modernas e eficientes energeticamente (*greenfields*), e ações de gestão de uso de energia, entre outros.

No caso das emissões vinculadas à produção e à transformação de energia, a mitigação é particularmente desafiadora para toda a cadeia do petróleo, gás natural e derivados. Essa condição é fruto da tendência de significativa expansão prevista aliada à expressividade das emissões associadas às atividades de exploração e produção de petróleo, gás natural e derivados, bem como às atividades de transformação de energia primária em energia secundária, como o refino de petróleo.

Em relação às iniciativas governamentais voltadas para a mitigação, destacam-se os Programas RenovaBio e Metano Zero, além dos avanços regulatórios obtidos com o Decreto n. 11.075/2022, que cria instrumentos para o mercado de carbono regulado (Box 2). Adicionalmente, com intuito de regulamentar instrumentos de mitigação e compensação de emissões nas atividades de exploração e produção (E&P), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

<sup>8</sup> O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), por meio da Resolução n. 7, de 20 de abril de 2021, instituiu o Programa Combustível do Futuro e criou o Comitê Técnico Combustível do Futuro (CT-CF). O CT-CF conta com seis subcomitês técnicos: Ciclo Otto; Ciclo Diesel; ProBioCCS; ProBioQAV; Combustíveis Marítimos; e Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

<sup>9</sup> Instituído pela Lei n. 13.755, de 10 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018).

<sup>10</sup> Proconve, instituído pela Resolução Conama n. 18, de 6 de maio de 1986 (CONAMA, 1986).

<sup>11</sup> Estabelecida pela Lei n. 10.295/2001 e regulamentada pelo Decreto n. 9.864/2019.

(ANP) e a EPE vêm se articulando por meio de reuniões técnicas, levantamento de dados, dentre outras atividades, com base no disposto na Resolução CNPE n. 05/ 2022<sup>12</sup>.

As empresas, por sua vez, estão se adaptando e se comprometendo com ações no intuito de contribuir com os esforços de transição para uma economia de baixo carbono. As iniciativas incluem o estabelecimento de metas de redução de emissões, aumento de eficiência, compra de créditos de carbono no mercado voluntário e investimento em conservação de florestas. A adoção de medidas e práticas sustentáveis relacionadas às mudanças climáticas vem sendo incorporada a partir da consideração de critérios ambientais, sociais e de governança (ESG<sup>13</sup>) nos investimentos, associações com iniciativas que almejam objetivos de baixo carbono, entre outros.

Como exemplo, só a Petrobrás já prevê investimentos consideráveis em iniciativas de descarbonização das operações, bioprodutos e pesquisa e desenvolvimento em baixo carbono. Dentre os compromissos assumidos pela companhia, estão a redução das emissões absolutas operacionais em 30% até 2030, em comparação com 2015, zero queima de rotina em *flare* até 2030, redução de 55% na intensidade das emissões de metano no E&P até 2025, entre outros (Petrobras, 2022).

Nessa linha, ainda cabe destacar as tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS, do inglês *carbon, capture and storage*) ou que incluam o seu uso (CCUS). Recentemente, entrou em tramitação no Senado o Projeto de Lei n. 1.425/2022 que disciplina a exploração da atividade de armazenamento e de reaproveitamento de CO<sub>2</sub>. Atualmente, a maioria dos projetos se concentra no aumento da recuperação de petróleo nos reservatórios<sup>14</sup>. No Brasil, somente em 2021, a Petrobras reinjetou 8,7 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, com uma reinjeção acumulada de 30,1 (Petrobrás, 2021). Além disso, a empresa estabeleceu como meta a reinjeção de cerca de 80 MtCO<sub>2</sub> até 2025 (Petrobras, 2022).

Outro caminho discutido é o uso de remoções de carbono da atmosfera por meio de florestas ou outros ambientes naturais. Nesse caso, são incentivadas ações de conservação ou restauração de ambientes naturais e reflorestamento para geração de créditos de redução de emissão. Esses créditos podem ser particularmente importantes para compensar emissões difíceis de reduzir ou inevitáveis e devem ser utilizados sem prejuízo de outras ações de descarbonização da matriz energética. O Brasil apresenta enorme potencial e uma série de vantagens competitivas neste segmento. Além disso, tais soluções são versáteis por contribuírem simultaneamente com a mitigação de GEE e com a adaptação às mudanças climáticas.

Neste sentido, a EPE vem trabalhando em cooperação com o BNDES com o objetivo de avaliar e propor mecanismos para conectar as compensações de emissões do setor de óleo e gás e as atividades de restauração ambiental de forma a aproveitar as oportunidades que esses dois setores oferecem (EPE, 2021). Outro trabalho que está em desenvolvimento pela EPE é a criação de uma base de dados de indicadores e estatísticas socioambientais de riscos climáticos, mitigação e a adaptação às mudanças climáticas no setor de energia, conforme explicado no Box 5.

---

<sup>12</sup> Solicita que a ANP, em articulação com a EPE, elabore e apresente ao CNPE um relatório com propostas para regulamentar instrumentos de mitigação e compensação de emissões de gases que provocam efeito estufa nas atividades de E&P.

<sup>13</sup> *Environmental, Social and Governance*, em inglês.

<sup>14</sup> Recuperação avançada de petróleo (EOR, do inglês *enhanced oil recovery*).

### Box 5 - Indicadores socioambientais de risco, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no setor de energia

A EPE está desenvolvendo um projeto para estruturação e modelagem de base de dados de indicadores e estatísticas socioambientais de riscos climáticos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no setor de energia. O projeto tem como objetivo oferecer uma ferramenta estruturada que possibilite identificar tendências e monitorar informações de interesse para o planejamento energético nacional sob a ótica de mudanças climáticas.

Para tal, em novembro de 2021, a EPE contratou, por meio de licitação pública, uma consultoria para desenvolver a ferramenta. Entre as atividades realizadas, foi elaborado o Documento Base que reuniu os principais conceitos e indicadores relevantes para compor essa base de dados. Tendo em vista a complexidade da tarefa, o Documento foi submetido à contribuição pública (entre julho e agosto de 2022) para coleta de informações, sugestões e críticas do público. Além disso, foram realizados eventos virtuais com especialistas convidados para coletar subsídios de suas áreas de interesse para aprimorar o Documento.

Para saber mais, acesse o Documento Base: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/participacao-social/Documents/BMC-D-60-600.0002A-RE-R0-Com%20anexo.pdf>

Quanto à **adaptação**, está claro que o Brasil enfrenta o desafio de se adaptar às mudanças do clima já observadas e se preparar para aquelas projetadas nos cenários de aquecimento. Todas as

fontes energéticas e suas infraestruturas estão sujeitas aos fenômenos climáticos e necessitam incorporar ações de adaptação que sejam de ordem técnico-científica, administrativa, operacional ou construtiva. Os impactos ao sistema energético mais reiterados são o aumento da temperatura média, a diminuição da precipitação média, o aumento de ventos em áreas áridas e litorâneas e a elevação do nível do mar. Isolados ou combinados, esses impactos amplificam vulnerabilidades e diminuem eficiência, podendo reduzir ou mesmo interromper a operação das instalações e das infraestruturas de energia e afetam de formas distintas a população, dado o contexto de grandes desigualdades socioeconômicas.

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) e seus instrumentos, como o AdaptaClima<sup>15</sup> do MMA e o AdaptaBrasil<sup>16</sup> do MCTI, são a referência nacional para promover a redução da vulnerabilidade às alterações climáticas e gerir seus riscos. Em seu Relatório de Monitoramento<sup>17</sup>, o PDE e o PNE são mencionados dentre as políticas nacionais relacionadas às diretrizes e metas do PNA (MMA, 2021a). As diretrizes que se referem ao setor de infraestruturas de energia, preconizam: o maior envolvimento das instituições setoriais com o tema da adaptação; o aprofundamento de estudos do setor elétrico considerando as alterações climáticas; a ampliação de estudos de risco com foco em eventos extremos; os cobenefícios e sinergias de ações de mitigação e adaptação; as interseções quanto às medidas adaptativas entre água, energia, uso da terra e biodiversidade; e, por fim, o aperfeiçoamento das ferramentas de planejamento para adequação às alterações climáticas.

Na linha das diretrizes do PNA, está o Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas do País (PRR) (Box 4). No PRR, foram propostas ações relacionadas à geração hidrelétrica considerando os usos múltiplos da água e as mudanças climáticas. Dentre elas,

<sup>15</sup> Plataforma que sistematiza e disponibiliza, de forma colaborativa, informações e materiais sobre adaptação à mudança do clima e conecta provedores e usuários de conhecimento nesta agenda (MMA, 2021b).

<sup>16</sup> Plataforma que integra índices e indicadores de risco de impactos das mudanças climáticas no Brasil (MCTI, 2021).

<sup>17</sup> Aprovado pela Resolução CIMV n. 6/2021, o Relatório traz a revisão do primeiro ciclo e diretrizes para o segundo ciclo (2021-2025) de avaliação do PNA.

estão: a elaboração de um *roadmap* que aborde iniciativas e estratégias que permitam o fortalecimento da resiliência do setor elétrico em resposta às mudanças climáticas; e a base de dados de indicadores e estatísticas socioambientais de riscos climáticos, mitigação e a adaptação às mudanças climáticas no setor de energia (Box 5).

No âmbito do planejamento energético, vale mencionar que, no PDE 2031, foi feita uma análise de sensibilidade (*what-if*) a fim de avaliar a robustez, ou resiliência, do sistema planejado frente a possíveis alterações do regime hidrológico, considerando o histórico recente de vazões. Os estudos complementares do PDE 2031 trouxeram análises mais detalhadas ao avaliarem diferentes cenários hidrológicos por meio de simulações na alteração nas vazões futuras (EPE, 2022b).

Também cabe mencionar estudos voltados para aumentar a resiliência, como as análises de vulnerabilidade de UHEs<sup>18</sup> e estudo de risco climático de linhas de transmissão<sup>19</sup>. O primeiro visa o desenvolvimento de metodologia para elaboração de um Plano de Melhoria de Resiliência (PMR) para uma usina individualmente ou um conjunto de usinas, a partir da projeção de variáveis climáticas no território brasileiro no período de 2050 a 2080. Já o segundo estudo traz um panorama focado na provisão de serviços climáticos no Brasil e no uso de informações climáticas no setor de linhas de transmissão. Nesse campo, resalta-se também a ferramenta para gerenciamento de riscos climáticos de linhas de transmissão, criada a partir dos estudos piloto do Programa CSI<sup>20</sup> (CGT Eletrosul, 2021).

Por fim, o sistema energético se relaciona com diversos outros setores da sociedade. Então, além de ações de adaptação para proteger seus ativos, há necessidade de estratégias inovadoras, plurais e integradas, que também considerem a combinação das ameaças e o potencial de contribuição dos sistemas energéticos para a redução das vulnerabilidades de outros setores. Com isso, a tendência é que o setor energético direcione cada vez mais esforços para o desenvolvimento de novas soluções e tecnologias de medidas de mitigação e adaptação, buscando potencializar a sinergia entre as ações, e tendo em vista os compromissos brasileiros e o processo de transição energética desejado.

### 3 Oportunidades socioambientais estratégicas

---

As oportunidades socioambientais representam a possibilidade de agregar valor socioambiental à expansão energética. Aquelas avaliadas como estratégicas apresentam um alto potencial para proporcionar melhorias socioambientais, mas ainda são pouco exploradas. Para que as oportunidades se concretizem, é fundamental que possuam uma conjuntura favorável.

Diante disso, foram vislumbradas as seguintes oportunidades socioambientais estratégicas para a expansão: o aproveitamento energético dos resíduos, a otimização de recursos e de infraestrutura e os mecanismos de sustentabilidade e de descarbonização para projetos energéticos.

---

<sup>18</sup> “Análise da vulnerabilidade de usinas hidrelétricas aos impactos das mudanças climáticas” (GIZ/MRTS Consultoria, 2021).

<sup>19</sup> “Serviços Climáticos no Brasil e o Setor de Linhas de Transmissão” (GIZ, 2019).

<sup>20</sup> Projeto “Aprimoramento de serviços climáticos para investimentos em infraestrutura”, CSI na sigla em inglês, concluído em 2019 e desenvolvido por GIZ, MMA e INPE.



### 3.1 Aproveitamento energético dos resíduos

A oportunidade de aproveitar energeticamente os resíduos é abordada no âmbito do planejamento energético em função da alta disponibilidade de resíduos agropecuários e urbanos em todas as regiões brasileiras. Mais do que alcançar soluções apropriadas para a correta disposição de resíduos, buscar alternativas de seu aproveitamento como recurso energético é uma chance de substituir combustíveis não renováveis, contribuir com a redução de emissões e aumentar a eficiência de processos produtivos. Vale destacar a possibilidade de obtê-los a partir de diferentes matérias-primas e rotas, o que permite uma variedade de usos energéticos, tais como combustíveis veiculares, com o biometano, e geração elétrica, a partir do biogás ou da incineração.

Nota-se que ainda há potencial energético considerável e diversificado a ser aproveitado, dentre os quais destacam-se os seguintes usos: vinhaça, resíduos sólidos urbanos (RSU), agropecuários e efluentes domésticos, para a produção de biogás ou combustível derivado de resíduo; sebo bovino e óleo usado, para a produção de biodiesel; e resíduos florestais e agrícolas, como palha e ponta da cana-de-açúcar, para a geração elétrica. Além do ganho energético, a utilização desses substratos pode contribuir para melhor gestão ambiental das regiões produtoras.

Cabe citar a importância da produção de biogás utilizando biodigestores, pois reduz-se o envio de componentes para aterros e ainda é gerado o digestato, um rico biofertilizante. Especialmente no caso de uso energético de RSU e efluentes domésticos, é notável a sua potencialidade para promover o saneamento básico, questão socioambiental crítica nas grandes metrópoles do País.

No que se refere ao aproveitamento energético, há grande arcabouço que inclui compromissos, planos e outros dispositivos legais voltados para o assunto. Dentre os planos, destacam-se o Planares<sup>21</sup> que estabeleceu diretrizes para estimular o desenvolvimento do uso de resíduos para geração de energia e o Plano ABC<sup>22</sup> que incentiva projetos com biogás, com ênfase em ações relacionadas ao tratamento de dejetos animais. Além disso, há expectativa de que o Programa RenovaBio se torne cada vez mais relevante para promover outros biocombustíveis, sobretudo biogás e biometano. Grande parte dessa expectativa se dá em função do Compromisso Global sobre Metano, assinado pelo Brasil em 2021, na COP 26, e da recente criação de mais instrumentos para fomentar o uso de biogás e biometano (Box 6).

Finalmente, impulsionar a gestão de resíduos no País a partir de seu aproveitamento energético é uma grande oportunidade. A melhoria dessa gestão pode envolver modelos de negócios sustentáveis com a geração de energia, proporcionando ainda diversos ganhos sociais, ambientais e econômicos para a sociedade brasileira.

---

<sup>21</sup> Plano Nacional de Resíduos Sólidos, aprovado pelo Decreto n. 11.043/2022.

<sup>22</sup> Plano para Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, aprovado em 2011.

### Box 6 - Potencialidades e avanços do biometano

O biometano é derivado da purificação do biogás, que é o gás bruto obtido da decomposição biológica de resíduos orgânicos. Todo biogás pode ser utilizado para a geração de energia elétrica e calor, todavia, o biometano é mais utilizado como biocombustível gasoso, por ser equivalente e intercambiável ao gás natural de acordo com a Resolução ANP n. 8/2015. Essa característica proporciona ao biometano um elevado potencial de redução das emissões de GEE, cumprindo papel relevante para o alcance das metas climáticas brasileiras e para o processo de transição energética.

O biogás/biometano pode ser produzido a partir de diferentes substratos e essa grande variedade propicia versatilidade na escala das plantas e nos modelos de negócio. Em escalas menores de produção, na lógica da geração distribuída, pode favorecer a associação e a cooperação de pequenos produtores agrícolas. Além disso, a possibilidade de consumo no próprio local em que se produz evita novas redes de transmissão, transporte e distribuição e pode ser uma alternativa aos sistemas isolados. Por outro lado, este biocombustível também pode ter maior alcance ao ser transportado via Gás Natural Comprimido (GNC), ou injetado em gasodutos de distribuição, permitindo a interiorização do gás no País.

Recentemente, o governo federal lançou medidas para promover o uso e a produção de biogás e biometano no Brasil. Entre as iniciativas estão: o Programa Metano Zero (MMA, 2022b), instituído no âmbito da Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano (Decreto n. 11.003/2022), e a Portaria Normativa n. 37 do MME, que contempla investimentos em biometano no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI). A partir dessas medidas, o MCTI e a FINEP abriram Seleção Pública com objetivo de conceder recursos de subvenção econômica a projetos de inovação na temática do desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação na cadeia de produção do biogás e biometano (Finep, 2022).

Todas essas iniciativas buscam incentivar programas e ações para reduzir as emissões de metano brasileiras, fomentar o uso do biogás e biometano como fontes renováveis de energia e combustível e contribuir para os compromissos assumidos pelo Brasil, como o Compromisso Global sobre Metano assinado em 2021.



## 3.2 Otimização de recursos e de infraestrutura

Empreendimentos já instalados para produção, geração e transporte de energia podem ser otimizados ou utilizados para outros fins contribuindo para melhor aproveitamento do recurso energético e para a minimização de impactos ambientais.

Por meio da repotenciação e modernização de usinas hidrelétricas existentes é possível incrementar a capacidade hidrelétrica brasileira, otimizando o aproveitamento dos recursos hídricos para a geração de energia. Os níveis de confiabilidade e eficiência do parque hidrelétrico existente poderão ser aprimorados, além de representar grande oportunidade na medida em que se evitam interferências socioambientais e os riscos associados à construção de novos projetos e se busca uso mais eficiente do recurso hídrico.

Ao considerar a importância, a dimensão e a idade do parque hidrelétrico brasileiro existente, é observado potencial significativo (50 GW) para repotenciação e modernização de UHEs no País (EPE, 2019a). Iniciativas recentes mostram movimentação do setor elétrico para a modernização de UHEs. Por este motivo, espera-se que ações de repotenciação e modernização representem parte considerável da expansão hidrelétrica futura. Entretanto, ressalta-se que de modo a alavancar esse novo mercado, ainda são necessários aprimoramentos na regulação e nos instrumentos de incentivos econômicos capazes de mobilizar mais empreendedores para esse fim.

Especificamente no caso de PCHs, além da possível reativação ou repotenciação de empreendimentos existentes, reservatórios construídos para outros fins (como abastecimento de água) podem ser aproveitados também para a geração de energia. Iniciativas desse tipo se revelam também como oportunidade de otimização do uso dos recursos hídricos.

Adicionalmente, mecanismos que incentivem a hibridização das fontes com empreendimentos já existentes (geração de energia solar fotovoltaica em reservatórios de hidrelétricas ou em parques eólicos existentes, por exemplo) podem fomentar o compartilhamento de sistemas elétricos, minimizando a necessidade de novas obras e reduzindo os impactos socioambientais associados. A regulação já permitia, no SIN, o compartilhamento de terreno e sinergias construtiva e operativa (EPE, 2019b) e recentemente a Aneel aprovou a regulamentação para usinas híbridas e associadas<sup>23</sup>.

A infraestrutura, a tecnologia e o conhecimento do setor petrolífero também podem ser aproveitados para outros tipos de produção de energia, minimizando os impactos socioambientais associados à implantação de novas instalações. Como exemplo, a infraestrutura de escoamento e transporte de gás natural existente pode ser utilizada, com adaptações ou não, para outros produtos como: o biometano<sup>24</sup>, fomentado por uma série de iniciativas recentes (Box 6); e o hidrogênio azul e turquesa, produzidos a partir do gás natural e que estão entre as rotas vislumbradas para o Programa Nacional de Hidrogênio. A expertise do setor petrolífero na instalação de estruturas, logística e operações no ambiente marinho também poderá beneficiar o desenvolvimento da eólica *offshore*.



### 3.3 Mecanismos de sustentabilidade e de descarbonização para projetos energéticos

Há uma conjuntura global de pressão pela construção de um cenário de negócios cada vez mais sustentável, que parte de maior envolvimento e comprometimento com a descarbonização e com a comunidade local, assim como com a manutenção dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, são criados diferentes mecanismos visando promover a sustentabilidade, contribuir para uma trajetória de baixo carbono e agregar valor socioambiental aos projetos de energia.

O setor energético tem o papel de usuário de serviços ecossistêmicos, possuindo relação de interdependência com o clima e os recursos naturais. Partindo dessa ideia, foi vislumbrada como oportunidade investir em práticas de sustentabilidade que resultem em múltiplos benefícios, inclusive energéticos, obtidos com a sinergia de ações relacionadas ao meio ambiente.

Por conta da forte dependência da disponibilidade do recurso hídrico, oportunidades dessa natureza são evidentes para empreendimentos hidrelétricos. Com esse foco, projetos hidrelétricos têm desenvolvido programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs), ancorados pela Lei n. 14.119/2021, com arranjos que reconhecem os proprietários rurais como provedores de serviços como a proteção e recuperação de mananciais hídricos. Com a melhoria na qualidade e na disponibilidade do recurso hídrico, também são esperados benefícios para a gestão do sistema elétrico, aumentando a sua resiliência frente às alterações climáticas.

Com o avanço na criação de instrumentos de certificação voltados para a descarbonização, surgem oportunidades para todas as fontes renováveis. Dentre os mecanismos já implementados, destaca-se a transação regulamentada no RenovaBio, em que o produtor certifica sua produção de

<sup>23</sup> Resolução Normativa Aneel n. 954/2021, que alterou o marco regulatório anterior, com o objetivo de promover e viabilizar os investimentos nos arranjos híbridos.

<sup>24</sup> Resolução ANP n. 685/2017 e Resolução ANP n. 8/2015.

biocombustíveis e pode vender créditos de descarbonização (CBios), calculados em função de notas de eficiência energético-ambiental.

No caso de empreendimentos elétricos renováveis, é possível buscar a certificação para transacionar certificados de energia renovável que atendam aos padrões reconhecidos para contabilização em inventários de emissões. Além do ganho financeiro, as oportunidades citadas possibilitam aos projetos renováveis obter reconhecimento a partir de selos de sustentabilidade.

A geração de créditos de carbono e sua comercialização em mercados voluntários e regulados de carbono também representa importante instrumento. Nesse sentido, vale destacar a publicação do Decreto n. 11.075/2022, que estabeleceu as bases para a implementação de um mercado regulado de carbono no País (ver mais no Box 2).

Sob o mesmo contexto de incentivo à sustentabilidade, as instituições financeiras desenvolveram diretrizes e padrões de desempenho ambiental como os definidos pela *International Finance Corporation* (IFC) e as signatárias dos Princípios do Equador. Cada vez mais, as empresas de energia se adequam a esses instrumentos de financiamento. As empresas também vêm adotando práticas de ESG (sigla para Ambiental, Social e Governança) e que observam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essas ações resultam em benefícios socioambientais e contribuem com uma imagem positiva dessas empresas perante a sociedade.

Em uma perspectiva mais ampla, os tratados internacionais como a Agenda de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030 e o Acordo de Paris (2015), dentre outros, consolidam esse movimento por meio de compromissos voluntários e propostas de metas a serem alcançadas pelas empresas. Diante desse contexto, é fundamental que o setor siga identificando mecanismos que promovam a sustentabilidade ao mesmo tempo que geram benefícios energéticos e agregam valor socioambiental e econômico aos projetos.

## 4 Conclusão

---

Diante do exposto, pode-se dizer que o debate que envolve energia e meio ambiente é pautado cada vez mais pela conjuntura política relacionada à mudança do clima, levando o setor energético a contribuir com as metas de redução de GEE ao mesmo tempo em que se propõe a agregar resiliência e segurança ao sistema energético. O processo de transição energética também adiciona questões socioambientais importantes, como a busca pelo bem-estar social a partir do acesso a energia de qualidade.

A partir desse contexto, foram discutidos os desafios socioambientais estratégicos da expansão energética frente a temas como a biodiversidade e os outros usos múltiplos da água, além das medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Para solucionar tais desafios, se destacam as seguintes iniciativas da EPE: a ferramenta interativa BiodivEPE, que reúne informações sobre áreas relevantes para a biodiversidade; o Plano de Recuperação de Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas, voltado para otimizar os usos múltiplos da água; e o projeto para estruturação e modelagem de base de dados de indicadores e estatísticas socioambientais de riscos climáticos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no setor de energia.

Paralelamente, foram apontadas oportunidades socioambientais estratégicas, como o aproveitamento energético de resíduos, a otimização de recursos e de infraestruturas e os mecanismos de sustentabilidade e de descarbonização para projetos energéticos. Nesse sentido, políticas e programas consolidados, como o RenovaBio, somados aos recentes avanços relacionados ao mercado de carbono regulado e às medidas para promover o biometano no Brasil, compõem o quadro favorável para potencializar as oportunidades indicadas.

## 5 Referência bibliográfica

---

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2021. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: jul. 2022.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Aneel n. 954, de 30 de novembro de 2021**. Altera as Resoluções Normativas nº 77, de 18 de agosto de 2004, nº 247, de 21 de dezembro de 2006, nº 559, de 27 de junho de 2013, nº 583, de 22 de outubro de 2013, nº 666, de 23 de junho de 2015 e nº 876, de 10 de março de 2020, para estabelecer tratamento regulatório para a implantação de Central Geradora Híbrida (UGH) e centrais geradoras associadas. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2021954.html>. Acesso em: out. 2022.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 685, de 29 de junho de 2017**. Estabelece as regras para aprovação do controle da qualidade e a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=345545>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução ANP n. 8, de 30 de janeiro de 2015**. Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP nº 1/2015, parte integrante desta Resolução. Disponível em: Resolução 8 2015 da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis BR ([atosoficiais.com.br](https://atosoficiais.com.br)). Acesso em: out. 2022.

BRASIL. 2022. **Brazil Nationally Determined Contribution - NDC (Second update)**. Paris Agreement. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20FINAL%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14119-13-janeiro-2021-790989-veto-162149-pl.html> Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 13.755, de 10 de dezembro de 2018**. Estabelece requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil; institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística; dispõe sobre o regime tributário de autopeças não produzidas; e altera as Leis nº 9.440, de 14 de março de 1997, 12.546, de 14 de dezembro de 2011, 10.865, de 30 de abril de 2004, 9.826, de 23 de agosto de 1999, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 8.383, de 30 de dezembro de 1991, e 8.989, de 24 de fevereiro de 1995, e o Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm). Acesso em: dez. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm). Acesso em: nov. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 11.075 de 19 de maio de 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 e altera o Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022. Disponível em:

<https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-11.075-de-19-de-maio-de-2022-401425370>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 11.043, de 13 de abril de 2022.** Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.043-de-13-de-abril-de-2022-393566799>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 11.003, de 21 de março de 2022.** Institui a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D11003.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11003.htm). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. Plenário do Senado Federal. **Projeto de Lei n. 1.425, de 2022.** Disciplina a exploração da atividade de armazenamento permanente de dióxido de carbono de interesse público, em reservatórios geológicos ou temporários, e seu posterior reaproveitamento. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153342>. Acesso em: nov. 2022.

\_\_\_\_\_. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 2.148, de 2015.** Estabelece redução de tributos para produtos adequados à economia verde de baixo carbono. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/1548579>. Acesso em: out. 2022.

CGT Eletrosul – Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil. 2021. **Destaque: Riscos climáticos para a infraestrutura.** Disponível em: <https://www.cgteletrosul.com.br/destaque/riscos-climaticos-para-a-infraestrutura-> Acesso em: out. 2022.

CIM – Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Resolução n. 3, de 17 de agosto de 2021.** Dispõe sobre a instituição de Grupo Técnico Temporário para revisão do primeiro ciclo e elaboração de diretrizes para o segundo ciclo de avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA). Disponível em: [https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/resolucao\\_n\\_3\\_de\\_17\\_de\\_agosto\\_de\\_2021\\_\\_resolucao\\_n\\_3\\_de\\_17\\_de\\_agosto\\_de\\_2021.pdf/view](https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/resolucao_n_3_de_17_de_agosto_de_2021__resolucao_n_3_de_17_de_agosto_de_2021.pdf/view). Acesso em: 26 de outubro de 2022.

CIMV – Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima e Crescimento Verde. **Resolução n. 3, de 28 de abril de 2022.** Dispõe sobre a instituição de Grupo Técnico Temporário com o objetivo de subsidiar a elaboração da estratégia nacional para implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada ao Acordo de Paris e outros instrumentos relacionados à implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o acordo de Paris GT-NDC. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/resolucao-cimv-no-3-de-28-de-abril-de-2022-resolucao-cimv-no-3-de-28-de-abril-de-2022-dou-imprensa-nacional.pdf/view>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 4, de 28 de abril de 2022.** Dispõe sobre a instituição de Grupo Técnico Temporário com o objetivo de subsidiar a implementação dos mecanismos do Artigo 6º do Acordo de Paris no Brasil - GT-ART6. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/resolucao-cimv-no-4-de-28-de-abril-de-2022-resolucao-cimv-no-4-de-28-de-abril-de-2022-dou-imprensa-nacional.pdf/view>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 5, de 28 de abril de 2022.** Dispõe sobre a instituição de Grupo Técnico Temporário com o objetivo de subsidiar a implementação do Programa Nacional de Crescimento Verde - GT-PNCV. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/resolucao-cimv-no-5-de-28-de-abril-de-2022-resolucao-cimv-no-5-de-28-de-abril-de-2022-dou-imprensa-nacional.pdf/view>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 6, de 20 de outubro de 2021.** Aprova o Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Ciclo 2016-2020. Disponível em: [https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/2021-11-05\\_\\_resolucao\\_6\\_\\_aprova\\_o\\_relatorio\\_do\\_pna.pdf](https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/2021-11-05__resolucao_6__aprova_o_relatorio_do_pna.pdf). Acesso em: nov. 2022.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 18, de 6 de maio de 1986.** Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=41](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=41). Acesso em: dez. 2022.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução n. 8, de 11 de julho de 2022.** Aprova o plano para viabilizar a recuperação dos reservatórios de regularização de usinas hidrelétricas do País, ao longo de até 10 (dez) anos. Disponível em: DESPACHO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA - DESPACHO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA - DOU - Imprensa Nacional (in.gov.br). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 5, de 23 de junho de 2022.** Dispõe sobre medidas de estímulo ao desenvolvimento de campos ou acumulações de hidrocarbonetos de economicidade marginal, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/resolucoes-cnpe-5-2022.pdf>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 2, de 07 de abril de 2022.** Institui Grupo de Trabalho - GT para elaboração do plano para viabilizar a recuperação dos reservatórios de regularização do País, ao longo de até 10 (dez) anos. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/ResoluoCNPE\\_2\\_2022.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/ResoluoCNPE_2_2022.pdf). Acesso em: jul. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 7, de 20 de abril de 2021.** Institui o Programa Combustível do Futuro, cria o Comitê Técnico Combustível do Futuro e dá outras providências. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-320067170>. Acesso em: dez. 2022.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2022a. **BiodivEPE - Biodiversidade no Planejamento de Projetos de Energia.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/biodivepe-biodiversidade-no-planejamento-de-projetos-de-energia>. Acesso em: set. 2022.

\_\_\_\_\_. 2022b. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 – Estudos complementares: Geração centralizada de energia elétrica sensibilidades what if.** Nota Técnica. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/EstudosComplementaresPDE2031\\_Sensibilidadeswhatif.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/EstudosComplementaresPDE2031_Sensibilidadeswhatif.pdf). Acesso em: jul. 2022.

\_\_\_\_\_. 2022c. **Balanço Energético Nacional 2022: Ano-base 2021.** Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2022\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf). Acesso em: dez. 2022.

\_\_\_\_\_. 2021. **Acordo de cooperação entre o BNDES e a Empresa de Pesquisa Energética - EPE.** Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/convenios-acordos-de-cooperacao/acordos-de-cooperacao/Documents/Acordo%20de%20Coopera%C3%A7%C3%A3o%20BNDES-EPE\\_assinado.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/convenios-acordos-de-cooperacao/acordos-de-cooperacao/Documents/Acordo%20de%20Coopera%C3%A7%C3%A3o%20BNDES-EPE_assinado.pdf) Acesso em: dez. 2021.

\_\_\_\_\_. 2019a. **Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas - Ganhos de eficiência, energia e capacidade instalada.** Nota Técnica EPE-DEE-088/2019-r0. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-432/EPE-DEE-088\\_2019\\_Repotencia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Usinas%20Hidrel%C3%A9tricas.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-432/EPE-DEE-088_2019_Repotencia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Usinas%20Hidrel%C3%A9tricas.pdf). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. 2019b. **Usinas híbridas no contexto do planejamento energético.** Nota Técnica EPE-DEE-NT-029/2019-r0. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE\\_DEE\\_NT\\_029\\_2019\\_r0\\_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf#search=usinas%20hibridas](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE_DEE_NT_029_2019_r0_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf#search=usinas%20hibridas). Acesso em: out. 2022.

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. 2022. Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT. Subvenção Econômica à Inovação – 15/2022. **Desenvolvimento da Cadeia do Biogás.** Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/703> Acesso em: dez. 2022.

GIZ – Cooperação Trilateral Brasil-Alemanha. 2019. **Serviços Climáticos no Brasil e o Setor de Linhas de Transmissão – Relatório de Avaliação de Base**. Disponível em: <https://www.adaptationcommunity.net/download/climateinformation/ci-guides-manuals-reports/CS-Provider-baseline-Brazil.pdf>. Acesso em: out. 2022.

GIZ – Cooperação Trilateral Brasil-Alemanha & MRTS Consultoria. 2021. **Estudo climático: Análise da Vulnerabilidade de Usinas Hidrelétricas aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Componente I: Estruturação e Disseminação. Produto IX: Sumário Executivo.

Global Methane Pledge. 2022. **Fast action on methane to keep a 1.5°C future within reach. About the Global Methane Pledge**. Disponível em: <https://www.globalmethanepledge.org/>. Acesso em: jul. 2022.

MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações. 2021. **AdaptaBrasil MCTI – sobre o AdaptaBrasil**. Disponível em: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/sobre>. Acesso em: dez. 2021.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. 2022. **PNRH – Plano Nacional de recursos Hídricos. Plano de Ação: Estratégia Nacional para o gerenciamento dos recursos hídricos 2022-2040**. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/Plano%20de%20Acao%20e%20Anexo%20Normativo%20para%20apreciacao%20do%20CNRH/plano-de-acao\\_pnrhv2022\\_cnrh-versaofinal-22-03-21.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/Plano%20de%20Acao%20e%20Anexo%20Normativo%20para%20apreciacao%20do%20CNRH/plano-de-acao_pnrhv2022_cnrh-versaofinal-22-03-21.pdf). Acesso em: jul. 2022.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. 2022a. **Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática**. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaazoniodesertificacao/clima/diretrizesparaumaestrategianacionalparaneutralidadeclimatica\\_vdefeso.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaazoniodesertificacao/clima/diretrizesparaumaestrategianacionalparaneutralidadeclimatica_vdefeso.pdf). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. 2022b. **Programa Metano Zero**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaazoniodesertificacao/ProgramaMetanoZero.pdf> Acesso em: out. 2022

\_\_\_\_\_. 2022c. **Brasil propõe criação de mercado global de metano**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/brasil-propoe-criacao-de-mercado-global-de-metano>. Acesso em: nov. 2022.

\_\_\_\_\_. 2021a. **Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação Mudança do Clima Ciclo 2016-2020**. Brasília, DF: MMA, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaazoniodesertificacao/clima/arquivos/relatorio\\_final\\_pna\\_web.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaazoniodesertificacao/clima/arquivos/relatorio_final_pna_web.pdf). Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. 2021b. **AdaptaClima – sobre a plataforma**. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/sobre-a-plataforma>. Acesso em: dez. 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Portaria Normativa n. 37/GM/MME, de 20 de março de 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-37-gm-mme-2022.pdf/view>. Acesso em: out. 2022.

Petrobrás. 2022. **Plano Estratégico 2023-2027**. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/58e08d23-0a80-c619-035f-e4745f71cea6?origin=1> . Acesso em: dez. 2022.

\_\_\_\_\_. 2021. **Relatório Anual - Caderno de clima**. 2021. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/d7092e4e-9830-c6b1-ff36-62247b97a17a?origin=1>. Acesso em: out. 2022.

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2022. **Emissões Totais**. Disponível em: [https://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission#](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#). Acesso em: out. 2022