

NOTA TÉCNICA EPE-DEA-SMA 012/2019

Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2029

Outubro 2019



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretária Executiva
Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica
Ricardo Cyrino

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
Marcio Felix Carvalho Bezerra

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Alexandre Vidigal de Oliveira



Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretoria de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

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

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia -
Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, nº 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

NOTA TÉCNICA EPE-DEA-SMA

012/2019

Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2029

Coordenação Geral
Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva
Elisângela Medeiros de Almeida

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
Caroline Piccoli M. de Freitas
Clayton Borges da Silva
Cristiane Moutinho Coelho
Daniel Dias Loureiro
Glauce Maria Lieggio Botelho
Guilherme de Paula Salgado
Gustavo Fernando Schmidt
Hermani de Moraes Vieira
Kátia Gisele Soares Matosinho
Leyla Adriana Ferreira da Silva
Leonardo de Sousa Lopes
Luciana Álvares da Silva
Marcos Ribeiro Conde
Maria Fernanda Bacile Pinheiro
Mariana Lucas Barroso
Mariana de Assis Espécie
Mariana R. de Carvalhaes Pinheiro
Paula Cunha Coutinho
Pedro Ninô de Carvalho
Robson O. Mattos
Thalles Fonseca Casado Lins
Valentine Jahnel
Veronica S. M. Gomes
Vinicius Mesquita Rosenthal

Data: 2 de outubro de 2019

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso – “*double sided*”)

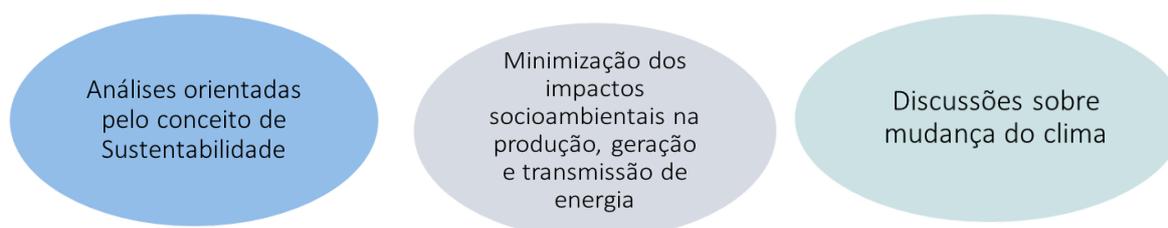
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. CRITÉRIOS UTILIZADOS	8
3. SUBSÍDIOS SOCIOAMBIENTAIS PARA A EXPANSÃO DECENAL.....	10
3.1. AVALIAÇÃO PROCESSUAL DAS USINAS HIDRELÉTRICAS	10
3.2. ANÁLISE DA COMPLEXIDADE SOCIOAMBIENTAL DAS UNIDADES PRODUTIVAS DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL.....	13
4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	18
4.1. HIDRELÉTRICAS	18
4.2. PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	26
4.3. TERMELÉTRICAS DE FONTES NÃO RENOVÁVEIS	30
4.4. TERMELÉTRICAS A BIOMASSA	35
4.5. EÓLICAS.....	40
4.6. SOLAR	47
4.7. TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	52
5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS	62
5.1. PRODUÇÃO E OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E DERIVADOS.....	62
5.2. ETANOL.....	71
5.3. BIODIESEL	77
6. CONCLUSÃO	84
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

I. INTRODUÇÃO

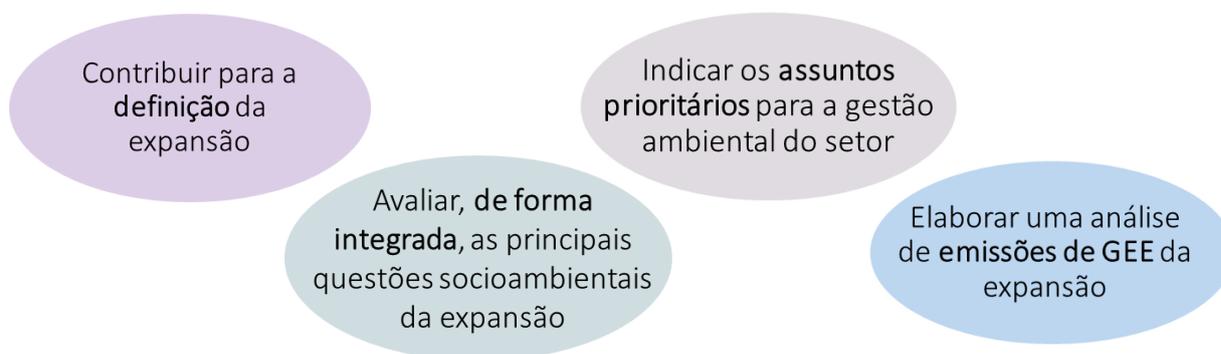
O conceito de sustentabilidade orientou a análise socioambiental do PDE 2029. Neste sentido, o planejamento da expansão do setor energético considerou questões associadas à minimização dos impactos socioambientais na produção, geração e transmissão de energia e às discussões em âmbito nacional e internacional sobre as mudanças do clima. A Figura 1 apresenta as premissas consideradas no desenvolvimento da análise socioambiental do PDE 2029.

Figura 1 – Premissas da análise socioambiental do PDE



Com base nas premissas mencionadas, a análise socioambiental do PDE 2029 tem como objetivo: 1) contribuir para a definição da expansão do decênio; 2) avaliar, de forma integrada, as principais questões socioambientais da expansão planejada para o horizonte decenal; 3) com base nas principais questões levantadas, indicar os assuntos prioritários para a gestão ambiental do setor; e 4) elaborar uma análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da oferta de energia prevista. A Figura 2 ilustra os objetivos da análise socioambiental do PDE.

Figura 2 – Objetivos da análise socioambiental do PDE



De forma a atender os objetivos propostos, a análise socioambiental do PDE 2029 compreende quatro etapas:

- 1. Subsídios para a expansão decenal**, cuja avaliação socioambiental tem o objetivo de contribuir para a definição da expansão a ser apresentada no Plano Decenal.
- 2. Análise de cada fonte energética**, com base na expansão decenal, que visa avaliar as condições em que as interferências da expansão prevista poderão ocorrer sobre o meio natural e a sociedade.
- 3. Análise socioambiental integrada**, que, a partir das análises da etapa anterior, agrupa as principais interferências associadas à expansão decenal em *temas socioambientais* e busca

avaliá-las de acordo com as sensibilidades mais significativas de cada região brasileira. A análise tem como base a espacialização dos projetos que permite visualizar a distribuição do conjunto e verificar seus efeitos cumulativos e sinérgicos. Como resultado, são apresentados os *temas prioritários* para a gestão ambiental do setor energético, antecipando questões socioambientais importantes e que podem representar riscos para a expansão, bem como vislumbrando oportunidades relacionadas à expansão no horizonte de planejamento.

4. **Análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE)**, decorrentes da oferta de energia planejada. A apreciação dos resultados toma por referência as negociações internacionais sobre mudança do clima e os compromissos assumidos pelo país.

A Figura 3 apresenta a relação entre a estrutura do PDE 2029 e a estrutura da análise socioambiental.

Figura 3 – O PDE 2029 e as etapas da análise socioambiental



A presente Nota Técnica trata da primeira e segunda etapas, que compreendem os subsídios socioambientais para a expansão decenal (avaliação processual de usinas hidrelétricas e análise de complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural) e a análise socioambiental da oferta de energia elétrica (hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas, termelétricas, termelétricas a biomassa, eólicas, solar e transmissão de energia elétrica) e a análise socioambiental da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis (produção e oferta de petróleo, gás natural e derivados; etanol; e biodiesel).

A análise socioambiental integrada e a análise das emissões de gases de efeito estufa são apresentadas no documento do PDE 2029.

2. CRITÉRIOS UTILIZADOS

Como apresentado, esta Nota trata dos subsídios socioambientais para a expansão decenal e da análise socioambiental das fontes energéticas.

Nos estudos de planejamento energético de médio e longo prazo, busca-se a inserção da variável ambiental ao se definir a expansão energética planejada. No caso da elaboração do Plano Decenal são elaborados **subsídios socioambientais para a definição da expansão**, cuja ideia é justamente contribuir para a definição da expansão energética que será apresentada no Plano.

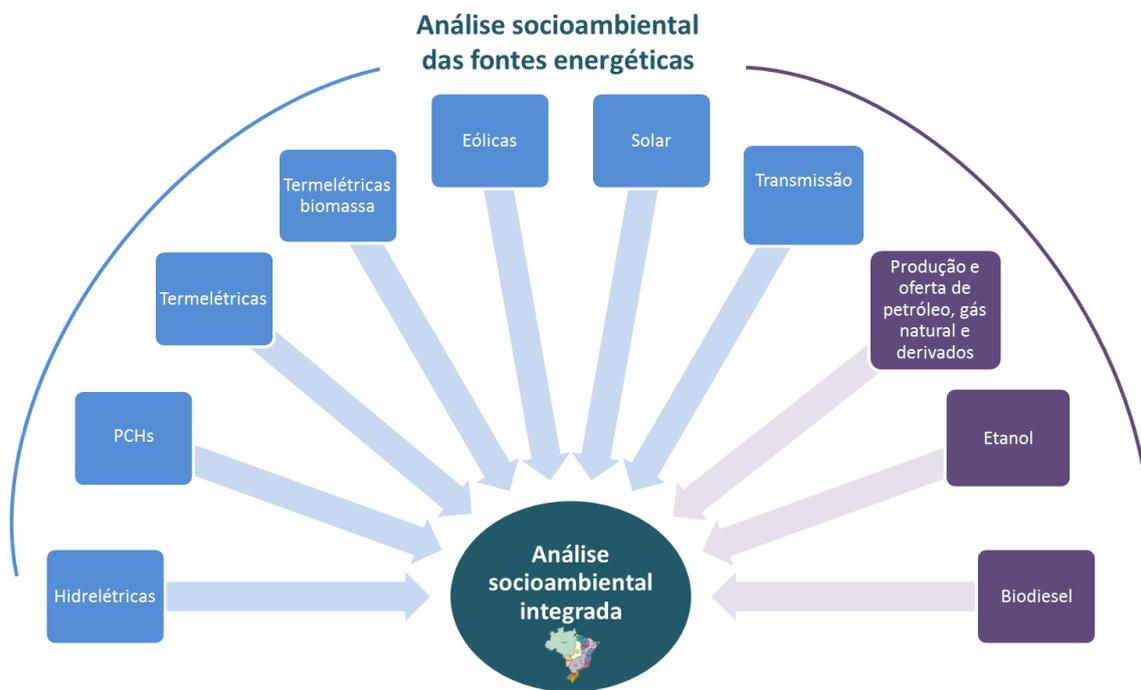
Nesse sentido, para o PDE 2029 foi elaborada uma **avaliação processual das usinas hidrelétricas**, com o objetivo de estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs que poderão compor a expansão hidrelétrica no decênio, e uma **análise de complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural**, de modo a ajustar as previsões de produção conforme as preocupações refletidas pelos órgãos ambientais. Para a realização dessas avaliações, foram elaboradas metodologias específicas, cujo resumo e o resultado são apresentados no item 3. SUBSÍDIOS SOCIOAMBIENTAIS PARA A EXPANSÃO DECENAL.

Diante da expansão decenal, é realizada a análise socioambiental de cada fonte de energia prevista no Plano. Para essas análises, foi elaborado um roteiro de perguntas com o objetivo de padronização, uniformidade e objetividade, sendo respeitadas as especificidades de cada uma das fontes previstas. Dessa forma, a análise de cada fonte energética foi orientada pelas seguintes questões:

1. **Quais os principais benefícios do uso da fonte?**
2. **Como é o parque existente?**
3. **Como será a expansão da fonte nos próximos 10 anos?**
4. **Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão da fonte?**
5. **Quais os principais desafios socioambientais relacionados à fonte?**
6. **Quais as principais iniciativas socioambientais relacionadas à fonte?**
7. **Quais os indicadores socioambientais da expansão da fonte?**

Os resultados da análise de cada uma das fontes energéticas são apresentados nos itens 4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA e 5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Esses resultados irão subsidiar a análise socioambiental integrada, apresentada no documento do Plano Decenal de Energia – PDE 2029, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Análise socioambiental das fontes energéticas para compor a análise socioambiental integrada



3. SUBSÍDIOS SOCIOAMBIENTAIS PARA A EXPANSÃO DECENAL

3.1. Avaliação Processual das Usinas Hidrelétricas

O objetivo da avaliação processual é **estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs** que se encontram na fase de estudos e que poderão compor a expansão da oferta de energia no horizonte decenal (EPE, 2018).

A avaliação processual considera os prazos necessários para a elaboração dos estudos técnicos de engenharia e ambientais, para o licenciamento ambiental e para a construção de cada usina hidrelétrica. O resultado da avaliação apresenta a lista de UHEs com possibilidade de operação no horizonte decenal e que serão colocadas à disposição para o Modelo de Decisão de Investimento. Após as simulações energéticas são definidas as UHEs que farão parte da expansão decenal no período indicativo, ou seja de 2025 a 2029. As UHEs do período 2020-2024 já foram contratadas por meio de leilões de energia nova.

Para mais informações sobre a metodologia da avaliação processual de usinas hidrelétricas para os Planos Decenais, ver a Nota Técnica EPE 027/2018 “Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas”

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2027>



Para a avaliação processual são consideradas **usinas hidrelétricas com potência superior a 50 MW e com registro ativo** para a elaboração de estudos de viabilidade na Aneel. Ou seja, projetos que possuem empresa responsável pela elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e do Estudo de Impacto Ambiental (EIA). As informações sobre a situação dos projetos são obtidas junto à Aneel, às empresas responsáveis pela elaboração dos estudos e aos órgãos ambientais licenciadores.

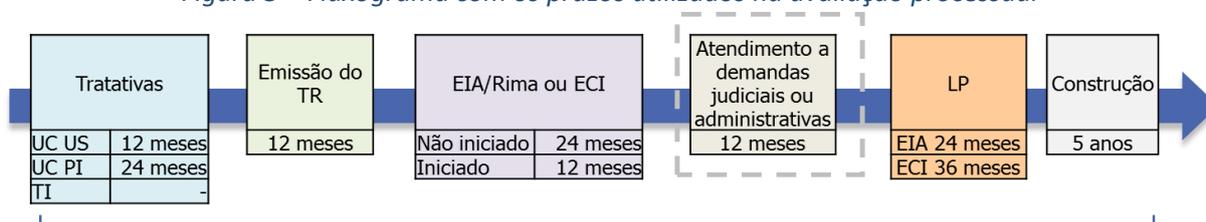
A estimativa da data de entrada em operação das UHEs foi feita com base nos prazos para desenvolvimento dos estudos anteriores ao leilão, adicionados do prazo de implantação (cinco anos). Assim, para a etapa que antecede o leilão, é contabilizado o tempo necessário para a emissão do termo de referência (TR) pelo órgão ambiental, para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Estudo do Componente Indígena (ECI), quando necessário, para a conclusão do Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) e para a obtenção da licença prévia (LP). Já para a fase posterior ao leilão é considerado tempo para construção.

Dependendo do projeto, foram ainda acrescentados prazos necessários para as tratativas de projetos com interferência em unidades de conservação (UC) ou em terra indígena (TI) e atendimento a eventuais demandas judiciais ou técnicas e administrativas solicitadas pelos órgãos ambientais e demais órgãos intervenientes. Destaca-se que, diante da complexidade das tratativas necessárias a UHEs que se sobrepõem a terras indígenas, optou-se por considerar que esses projetos não serão viabilizados no horizonte decenal, ainda que seus estudos estejam em andamento. A Tabela 1 e a Figura 5 apresentam os prazos utilizados na avaliação processual (EPE, 2018).

Tabela 1 – Prazos utilizados na avaliação processual

ETAPA	PRAZO (MESES)
Tratativas para UHEs que se sobrepõem à UC de Proteção Integral (UC PI)	24
Tratativas para UHEs que se sobrepõem à UC de Uso Sustentável (UC US)	12
Atendimento a demandas judiciais, técnicas ou administrativas	12
Emissão do Termo de Referência (TR)	12
Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ou Estudo do Componente Indígena (ECI)	24
Obtenção da Licença Prévia (LP)	24 ou 36

Figura 5 – Fluxograma com os prazos utilizados na avaliação processual



Tendo como referência a data de abril de 2019, foram identificadas **47 UHEs** com potência superior a 50 MW e com registro para estudos de viabilidade na Aneel. Destas, 25 não tiveram o prazo estimado para implantação por estarem situadas em terras indígenas (11 UHEs), por estarem situadas em unidades de conservação de proteção integral (5 UHEs) e por terem a licença prévia indeferida, cancelada ou vencida ou ainda o processo de licenciamento ambiental arquivado (9 UHEs). Dentre os demais 22 projetos, considerando os critérios apresentados e a situação dos estudos de cada projeto, o resultado da avaliação indicou que **nove usinas hidrelétricas teriam a possibilidade de entrar em operação nos cinco últimos anos do horizonte decenal**. A Tabela 2 apresenta o resultado da avaliação processual para o PDE 2029 e o resultado da expansão de UHEs apresentada no PDE 2029 após as simulações energéticas para cada UHE.

Tabela 2 – Avaliação processual PDE 2029

Usina Hidrelétrica	Bacia Hidrográfica	UF	Potência (MW)	Situação dos estudos	Emissão do TR	EIA/Rima + ECI	Outras demandas	LP	Resultado	
									Avaliação processual	Expansão PDE 2029
Apertados	Piquiri	PR	139	EVTE entregue. Audiências Públicas realizadas.	-	-	-	12	2025	2027
Davinópolis	Paranaíba	MG /GO	74	EVTE aprovado. LP obtida.	-	-	12	-	2025	-
Ercilândia	Piquiri	PR	87	EVTE entregue. Audiências Públicas realizadas.	-	-	-	12	2025	2027

Telêmaco Borba	Tibagi	PR	118	EVTE entregue Audiências Públicas realizadas.	-	-	-	12	2025	2026
Castanheira (ARN-120)	Juruena	MT	140	EVTE e EIA/Rima entregue.	-	-	-	24	2026	2028
Comissário	Piquiri	PR	140	EVTE e EIA/Rima entregue.	-	-	-	24	2026	2029
Tabajara	Ji-paraná	RO	400	EVTE e EIA/Rima entregues. Necessários ajustes no EIA.	-	-	12	24	2027	2027
Bem Querer J1A	Branco	RR	650	EVTE e EIA/Rima e ECI em elaboração.	-	12	-	36	2028	2028
Formoso	São Francisco	MG	342	EVTE e EIA/Rima iniciados.	-	24	-	24	2028	-

Como observado, o resultado da avaliação processual indicou nove UHEs com data de entrada em operação no horizonte decenal. Desse conjunto, uma usina já obteve a licença prévia (Davinópolis) e seis usinas estão com o EIA/Rima entregue (Apertados, Castanheira, Comissário, Ercilândia, Tabajara e Telêmaco Borba), não sendo necessário prazos para a elaboração dos estudos.

A UHE Davinópolis, apesar de ter obtido a LP em 2015 e sua renovação em 2019, necessita da renovação da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH. Sendo assim, estima-se o prazo de 12 meses para a solução dessa demanda. Já as UHEs Apertados, Ercilândia e Telêmaco Borba tiveram Audiências Públicas realizadas em 2014 e estão aguardando encaminhamentos do órgão ambiental. Dessa forma, estima-se o prazo de 12 meses para emissão da LP. Somando-se os cinco anos para a construção, estima-se o ano de 2025 para entrada em operação dessas quatro UHEs.

Comissário teve o EIA/Rima entregue em 2012, sendo necessária a análise do estudo pelo órgão ambiental. Castanheira teve o EIA/Rima entregue em 2018 e as audiências públicas marcadas e canceladas. Para ambos os casos estima-se o prazo de 24 meses para a realização das atividades visando a obtenção da LP. Adicionando o prazo para construção, estima-se o ano de 2026 para entrada em operação dessas UHEs.

Por último, Tabajara teve o EIA/Rima entregue em 2017 sendo necessário ajustes no EIA para aceite do estudo para análise pelo órgão ambiental. Para essa UHE estima-se 12 meses para ajustes no EIA, 24 meses para a obtenção da LP e cinco anos para construção. Dessa forma, estima-se o ano de 2027 para essa UHE.

Duas UHEs estão com EIA/Rima em elaboração (Bem Querer e Formoso). Como os estudos de Bem Querer já estão iniciados, foi aplicado o prazo de 12 meses para elaboração dos estudos, que inclui a elaboração e análise do ECI, somados a 36 meses para a obtenção da LP. Para Formoso foi aplicado o prazo de 24 meses para elaboração dos estudos, uma vez que eles estão em fase inicial, somado ao

prazo de 24 meses para a obtenção da LP. Somando-se o tempo de construção para essas duas UHEs, chega-se ao ano de 2028 para entrada em operação.

A situação dos estudos, a complexidade de cada usina e os prazos necessários para cada uma das etapas estão refletidos nas datas estimadas pela avaliação processual.

3.2. Análise da Complexidade Socioambiental das Unidades Produtivas de Petróleo e Gás Natural

Em conformidade com a nomenclatura utilizada no Capítulo V do PDE 2029, as áreas com potencial para petróleo e gás natural são denominadas Unidades Produtivas. As unidades que não possuem contratos de concessão são as Unidades Produtivas da União (UPUs). Todas as concessões de exploração e produção de petróleo e gás natural, incluindo os projetos com status de blocos exploratórios (em avaliação ou não) ou campos de produção, são referidas no PDE como Unidades Produtivas (UPs). As UPUs e UPs foram analisadas quanto à complexidade socioambiental das áreas em que estão inseridas, conforme explicado a seguir.

Para mais informações sobre as análises socioambientais para a expansão da produção de petróleo e gás natural, ver a Nota Técnica DEA 29/14 “Abordagem socioambiental da expansão da Produção de Petróleo e Gás Natural”
<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/notas-tecnicas-estudos-socioambientais>



Análise das Unidades Produtivas da União (UPUs)

Algumas áreas do território nacional são tradicionalmente excluídas pelo Ibama e evitadas pela ANP para oferta nas Rodadas de Licitação, tipicamente Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs). Nesse sentido e com o objetivo de diminuir as incertezas nas previsões de produção e buscar um planejamento energético compatível com a crescente preocupação com o meio ambiente, a EPE incorporou o procedimento já adotado por essas instituições e desconsiderou recursos de petróleo e gás natural nas Unidades Produtivas da União, ainda não contratadas. Aliado a isso, também foram desconsideradas parcelas de volumes da produção para áreas sedimentares sobre as quais o uso atual do solo tende a restringir a exploração de recursos petrolíferos: zonas de amortecimento de unidades de conservação, terras ocupadas por remanescentes das comunidades quilombolas, áreas urbanas e áreas marinhas com ocorrência de espécies sensíveis.

Unidades de Conservação são áreas tradicionalmente excluídas pelo Ibama e Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas) das Rodadas de Licitações, enquanto as Terras Indígenas são claramente evitadas pela ANP, a julgar pelo desenho dos Blocos de Exploração de petróleo e gás natural licitados até hoje. As zonas de amortecimento (ZA) de UCs, as terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos (TQ) e as áreas urbanas foram utilizadas como critério por iniciativa da EPE, com base em documentos e discussões que demonstram sua sensibilidade socioambiental. As áreas marinhas com ocorrência de espécies sensíveis foram obtidas nas Diretrizes Ambientais para a 9ª Rodada de Licitações, a última Rodada que disponibilizou arquivos georreferenciados editáveis. Este documento tem sido utilizado como referência para o mapeamento de complexidade esperada

no processo de licenciamento ambiental, definindo também as áreas de restrição permanente às atividades de E&P. A distribuição das espécies discutidas nesta NT eram aquelas que definiam as áreas de restrição permanente às atividades de perfuração nas Diretrizes.

Figura 6 – Critérios utilizados para exclusão de volumes de produção de áreas de UPUs sobrepostas a eles

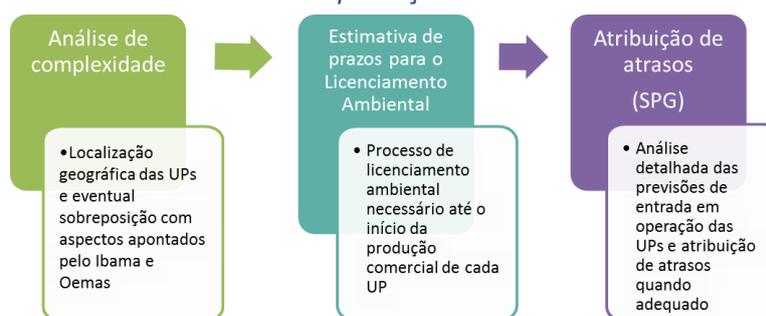


Com base nos critérios apresentados, **para as 23 UPUs estimadas ao longo do decênio 2020-2029, houve um desconto de 14 e 17% do volume previsto para gás natural e petróleo, respectivamente.** As UPUs representam menor contribuição nas curvas de previsão de produção, para esse período, do que as UPs. Mesmo sendo baixa a contribuição das UPUs, a análise permitiu ajustes na acurácia da previsão de produção. Destaca-se que, a realização da produção dependerá de decisões da ANP na oferta de blocos, do arremate das áreas, bem como da emissão das licenças ambientais.

Análise das Unidades Produtivas (UPs)

As Diretrizes Ambientais para as Rodadas de Licitações de Blocos, elaboradas pelo Ibama e por órgãos estaduais de meio ambiente, indicam preocupações com áreas de alta sensibilidade ambiental e que podem ser refletidas na complexidade do licenciamento ambiental. Para a análise deste item, essas preocupações foram transformadas em critérios para classificar as UPs nas classes de alta, média e baixa complexidade.

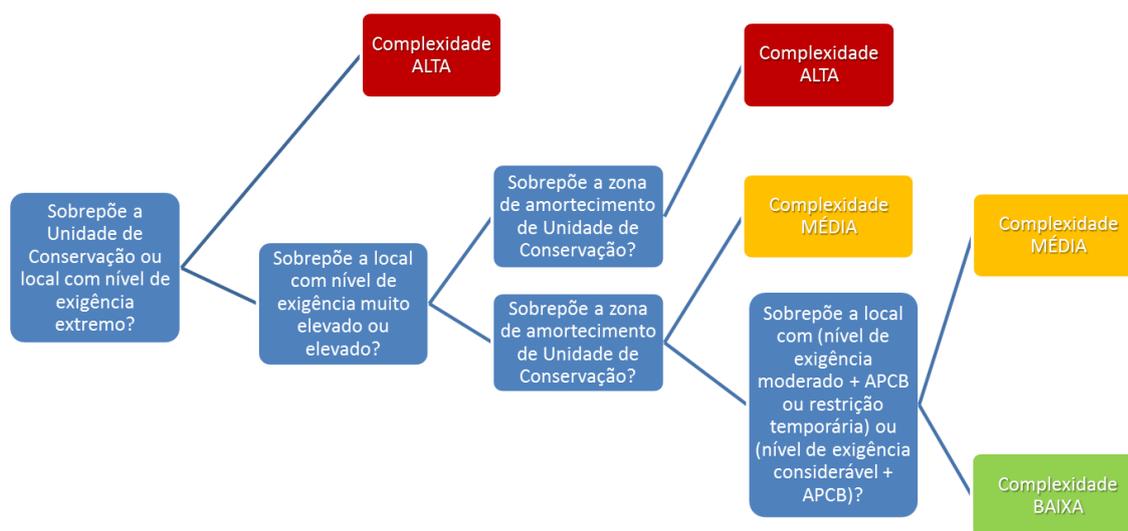
Figura 7 – Etapas de análise das UPs como subsídio à alocação temporal da previsão de início da produção



SPG - Superintendência de Petróleo e Gás Natural/EPE.

O Ibama realiza o licenciamento ambiental das atividades de E&P na área costeira e offshore, associadas ao maior volume potencial de petróleo a ser produzido no país. Para essas regiões, as Diretrizes Ambientais da 9ª Rodada de Licitações produzidas pelo Ibama apresentaram o mapeamento georreferenciado de seis níveis de exigência esperados para o Licenciamento Ambiental: Simplificado, Considerável, Moderado, Elevado, Muito Elevado e Extremo. Além disso, essas Diretrizes indicam também áreas com restrição permanente (conforme explicado no item anterior) e áreas com restrição temporária às atividades de E&P. Os níveis de exigência e as áreas com restrição temporária foram utilizados como critérios para classificação da complexidade das UPs offshore e costeiras. As Unidades de Conservação marinhas também foram apontadas como áreas sensíveis pelo Ibama na 9ª Rodada e nas seguintes. Portanto, com base nos aspectos apontados pelo Ibama, as UPs costeiras e marítimas foram analisadas conforme sua localização geográfica e eventual sobreposição com algum dos critérios apresentados na Figura 8 e classificadas em três classes de complexidade: alta, média ou baixa.

Figura 8 – Procedimento de análise das UPs offshore



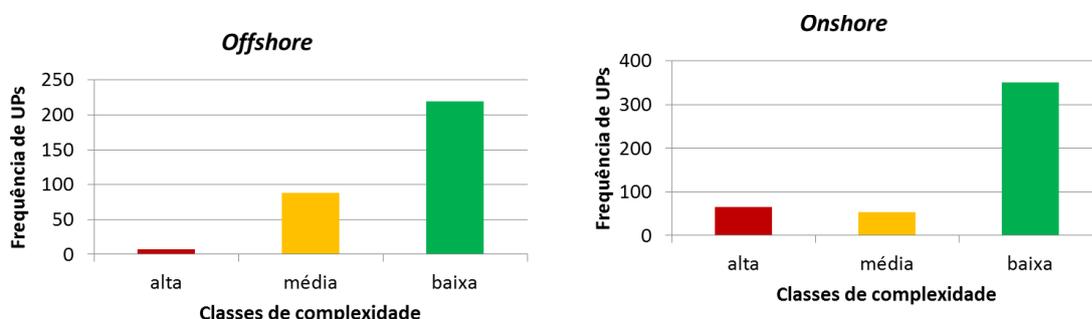
Já as atividades *onshore* são licenciadas pelos Oemas e os critérios adotados para as UPs terrestres se basearam nas preocupações recorrentes destes órgãos manifestadas nas Diretrizes Ambientais das Rodadas de Licitações. As preocupações mais comuns entre os órgãos estaduais foram as UCs e as Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (APCBs), especialmente aquelas indicativas para criação de UCs. Então, com base nos aspectos apontados pelos Oemas, as UPs terrestres foram analisadas conforme sua localização geográfica e eventual sobreposição com algum dos critérios apresentados na Figura 9 e classificadas em três classes de complexidade: alta, média ou baixa.

Figura 9 – Procedimento de análise das UPs onshore



Diante dos critérios apresentados, para o PDE 2029, foram analisadas 783 UPs, sendo 314 offshore e 460 onshore. A frequência encontrada para a classe de alta complexidade foi bastante inferior à classe de baixa sensibilidade, como apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Resultado da classificação de complexidade das UPs



A partir da complexidade das UPs estabelecida, foram atribuídos prazos esperados para o processo de licenciamento ambiental necessário até o início da produção comercial. Os prazos que constam da legislação foram então distribuídos pelas etapas de licenciamento ambiental, equivalentes às etapas de desenvolvimento das UPs, bem como distribuídos em três classes de complexidade ambiental, sendo tempos máximos para UPs em áreas de alta complexidade e tempos mínimos para áreas de baixa complexidade, conforme apresentado na Tabela 3. Os prazos estimados partiram das etapas e prazos estabelecidos na Portaria MMA nº 422/2011, considerando os prazos máximos para deferimento, além da suspensão dos prazos durante a elaboração dos estudos ambientais, adotados para a classe de alta complexidade.

Tabela 3 – Etapas do Licenciamento Ambiental e prazos (em meses) distribuídos por classe de complexidade

Complexidade	Licenciamento da Perfuração (LO)		Licenciamento do TLD			Licenciamento da produção				
	Estudos Ambientais	Prazo de análise	Estudos Ambientais	Licença prévia	Licença de instalação	Licença de operação	Estudos Ambientais	Licença prévia	Licença de instalação	Licença de operação
Baixa	6	6	6	0	1	1	6	6	1	1
Média	9	9	9	9	3	3	9	9	3	3
Alta	12	12	12	12	6	6	12	12	6	6

Das 783 UPs analisadas, 72 foram classificadas como de alta complexidade. Dentre elas foram excluídas as UPs onde as atividades de E&P têm sido desenvolvidas e licenciadas recentemente, restando no total 16 UPs. **Nestas 16 UPs restantes foram aplicados os prazos máximos do licenciamento**, considerando que ainda seria necessário licenciar a perfuração, o TLD (Teste de Longa Duração) e a produção, totalizando 96 meses.

Ao comparar os prazos para o licenciamento ambiental dessas 16 UPs com os prazos necessários para viabilização da produção, que consideram logística e infraestrutura de E&P, não foi necessário atribuir atrasos adicionais relacionados ao licenciamento ambiental especificamente para essas UPs, uma vez que os prazos para viabilização da produção ultrapassam 96 meses.

4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA

4.1. Hidrelétricas

Quais os principais benefícios das hidrelétricas?



A hidroeletricidade é uma **fonte renovável** de energia, uma vez que utiliza água como força motriz. Hidrelétricas, em geral, apresentam **baixa emissão de gases de efeito estufa** (CO₂ e CH₄)¹ quando comparadas a usinas termelétricas que utilizam combustíveis fósseis. Outro benefício da geração hidrelétrica é a **flexibilidade operativa**, já que as usinas são capazes de assumir, de forma rápida e eficaz, as oscilações de tensão e frequência decorrentes de eventuais desbalanços entre oferta e demanda. Destaca-se ainda o papel dos empreendimentos dotados de reservatórios de acumulação, por sua **capacidade de suporte** à integração de fontes renováveis intermitentes no sistema elétrico e por sua eficiência no **armazenamento de energia** na forma de volume de água.

Finalmente, é importante ressaltar o **desenvolvimento social e econômico** obtido a partir do avanço da indústria hidrelétrica no Brasil. O investimento nessa fonte tornou o país referência no mercado internacional e exportador de tecnologia e conhecimento para outros países.

Como é o parque hidrelétrico atual?

A hidroeletricidade é responsável por 60% da potência instalada atualmente no Brasil (ANEEL, 2019). O parque hidrelétrico existente é composto por 217 usinas hidrelétricas (UHEs) em operação, totalizando **102 GW de potência instalada**. A maior parte das UHEs existentes situa-se nas bacias do Paraná e Atlântico Sudeste, no Sudeste e Sul do Brasil.



Como será a expansão hidrelétrica nos próximos 10 anos?

A expansão da oferta de energia elétrica prevê a implantação de 10 UHEs no horizonte decenal, totalizando **aumento de 1.914 MW** na potência instalada do parque hidrelétrico brasileiro. Para o primeiro período do horizonte (2020-2024), composto pela expansão contratada, estão previstas 3 usinas em fase de implantação, que somam 240 MW de potência instalada. Para o segundo período (2025-2029), período indicativo, estão planejadas 7 UHEs, que somam 1.674 MW. A Figura 11

¹ O Projeto Balcar (Brasil, 2014) realizou medições e análises dos fluxos de gases de efeito estufa em 8 reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras em operação. Os resultados indicaram que, com exceção da UHE Balbina, as UHEs apresentam emissões de GEEs menores do que usinas termelétricas.

apresenta a distribuição espacial das UHEs previstas no PDE 2029, por região hidrográfica e período de entrada em operação.

Figura 11 – Localização das usinas hidrelétricas planejadas no PDE 2029



A maior parte da potência instalada planejada no decênio está na região hidrográfica Amazônica, onde localiza-se grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro ainda não explorado. Nela estão previstos três projetos e 62% da potência instalada do decênio. Em seguida, destaca-se a região hidrográfica do Paraná com o maior número de projetos previstos, seis projetos, e 30% da potência instalada prevista no Plano. Já na região hidrográfica do Uruguai está previsto um projeto, em construção, que representa 7% da potência planejada.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão hidrelétrica?

A implantação de usinas hidrelétricas provoca uma série de interferências socioambientais. A seguir, serão discutidas algumas das questões que permeiam uma UHE, com base nos principais impactos associados à sua implantação, tendo em vista a expansão decenal.

De forma geral, os impactos físico-bióticos dizem respeito à perda de vegetação nativa e seus efeitos à fauna, às alterações na dinâmica fluvial e suas consequências aos ecossistemas aquáticos, além de interferências em unidades de conservação. No meio socioeconômico pode-se citar a interferência na infraestrutura dos municípios da região onde se pretende implantar os empreendimentos, as interferências com a população em geral e, particularmente, com povos e terras indígenas e quilombolas, dada as sensibilidades dessas populações.

Com a instalação dos reservatórios ocorre a **inundação ou supressão de vegetação nativa** e seus efeitos associados, como a perda de habitats e de biodiversidade. Nos projetos situados na região Norte, estão as interferências mais expressivas da expansão hidrelétrica decenal, tanto pelo maior porte dos empreendimentos, quanto pelo grau de preservação do ambiente. Na região Sul, apesar das UHEs acarretarem menores perdas de área absoluta de vegetação nativa, destaca-se a importância dos remanescentes de vegetação nativa ainda existentes diante do alto nível de ameaça do bioma Mata Atlântica. Ainda se somam a essa condição, os possíveis efeitos cumulativos dado que a região concentra o maior número de projetos previstos no horizonte (sete). Sendo assim, a interferência em vegetação nativa foi considerada tema relevante nas regiões Norte e Sul.

A **interferência na fauna aquática** foi considerada relevante nas três regiões onde está prevista a implantação de UHEs. A transformação do ambiente lótico (águas rápidas) em lêntico (águas paradas ou lentas) pela formação do reservatório interfere em habitats relevantes para os peixes e comunidades ecológicas associadas. Além disso, o barramento do rio interfere em rotas migratórias de peixes e seus processos reprodutivos. Nas regiões Norte e Centro-Oeste (região Amazônica), o tema foi considerado relevante pelo predomínio de grandes rios com muitos ambientes exclusivos que favorecem a alta diversidade da fauna aquática. Já na região Sul, a precondição do ecossistema aquático pela quantidade de barramentos existentes e os efeitos cumulativos e sinérgicos de fragmentação das rotas migratórias de peixes fazem com que o tema **fauna** seja relevante.



A Amazônia possui grandes extensões territoriais de unidades de conservação e significativo potencial hidrelétrico ainda não aproveitado sobreposto ou localizado nas proximidades destes territórios. Tendo em vista a expansão hidrelétrica planejada, o tema **unidades de conservação** foi considerado relevante para a região Norte dada a proximidade de projetos com UCs e possíveis interferências aos recursos naturais desses espaços². Ainda cabe citar que foram necessárias tratativas e a redelimitação de uma unidade para a continuidade dos estudos da UHE Tabajara³.

² Apesar da interferência de três empreendimentos planejados na região Sul com uma área de preservação ambiental (APA da Escarpa Devoniana) o tema unidades de conservação não foi considerado relevante devido ao alto grau de antropização da UC nas áreas onde serão implantados os reservatórios. Destaca-se que a interferência na UC não foi considerada um óbice para o licenciamento ambiental desses empreendimentos.

³ Para a redelimitação do PARNA dos Campos Amazônicos foi constituído um grupo de trabalho (Portaria ICMBio nº 159, de 15/04/2009) composto por representantes do MME e ICMBio para revisar o Decreto de criação do Parque, considerando a necessidade de conciliar os interesses da conservação e da produção de energia. A partir da indicação de alteração dos limites pelo GT, promulgou-se a Medida Provisória nº 542, de 12/08/2011, que permitiu a realização dos estudos de viabilidade. Somente após a publicação da MP, se iniciou o processo de licenciamento ambiental com a emissão do TR. Entre a criação do GT e a publicação da MP decorreram 28 meses.

Outra questão importante do ponto de vista do potencial hidrelétrico não aproveitado na região Amazônica diz respeito aos **povos e terras indígenas**, já que a região concentra tanto a maior parte das populações, quanto 98% da área das terras indígenas no Brasil. Apesar de não haver sobreposição de nenhum dos empreendimentos previstos no decênio a terras indígenas, os projetos das regiões Norte e Centro-Oeste estão situados nas proximidades⁴ desses territórios. Para essas UHEs é necessária a elaboração de estudo específico sobre os povos e terras indígenas, o Estudo do Componente Indígena - ECI. Considerando os **potenciais impactos e conflitos** decorrente da implantação dos empreendimentos com povos e terras indígenas, o tema foi considerado relevante nas regiões Norte e Centro-Oeste.



A construção de UHEs tem o potencial de atrair contingentes populacionais em função dos empregos diretos e indiretos gerados. Nesse contexto, observa-se que, na região Sul, em função do número de projetos previstos e da concentração de projetos em uma mesma bacia hidrográfica, o tema **organização territorial** apresenta relevância frente à expansão hidrelétrica prevista para o horizonte decenal. Na região Norte, esperam-se maiores interferências em função da **população atraída** pelos empreendimentos, pois os municípios são menos estruturados, o que resulta em maior demanda por infraestrutura e serviços locais. A falta de estrutura local também costuma requerer preparos e estudos prévios para receber projetos de grande ou médio porte, motivo pelo qual o tema organização territorial também foi considerado relevante para o Norte.

Portanto, o tema **povos e terras indígenas** se mostrou relevante para a região Amazônica (Norte e Centro-Oeste). O tema **unidades de conservação** foi considerado importante para a região Norte. Os temas **vegetação nativa** e **organização territorial** se mostraram relevantes para as regiões Norte e Sul. Já o tema **fauna** foi considerado importante para todas as regiões onde é prevista expansão hidrelétrica.

Tabela 4 - Síntese da análise socioambiental das usinas hidrelétricas do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UHEs		<p>Não há projetos planejados</p>		<p>Não há projetos planejados</p>	

Legenda

-  Fauna
-  Organização territorial
-  Povos e terras indígenas
-  Unidades de Conservação
-  Vegetação Nativa

⁴ Localizados a até 40 km de terras indígenas na Amazônia Legal, conforme limites estabelecidos na Portaria Interministerial nº 60/2015, que estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

Quais os principais desafios socioambientais relacionados à expansão hidrelétrica?

Nos últimos Planos Decenais, nota-se uma **redução gradual na indicação de usinas hidrelétricas** para a expansão. Pode-se inferir que esse quadro é resultado tanto do crescimento significativo de outras fontes, quanto dos diversos desafios associados ao estudo e desenvolvimento de novas usinas hidrelétricas. Muitos têm caráter socioambiental, todavia, o cenário também envolve questões técnicas e regulatórias.

Cabe ressaltar que os desafios aqui apresentados não se limitam ao conjunto de projetos do decenal, mas se referem à boa parte do potencial hidrelétrico brasileiro e, portanto, acabam por influenciar diretamente na definição da expansão da fonte.

Sob a perspectiva socioambiental, o fato de o potencial hidrelétrico localizar-se predominantemente na região Amazônica, onde se tem também a maior extensão de áreas legalmente protegidas do país, aumenta a probabilidade de haver **interferência das UHEs planejadas em TIs e UCs**. A falta de regulamentação quanto aos dispositivos legais e normativos referentes aos povos e comunidades tradicionais, além da incerteza quanto aos encaminhamentos de UHEs com interferência em unidades de conservação, influenciam de forma expressiva a expansão planejada.



A retomada da construção de grandes UHEs nos últimos anos suscitaram questionamentos de grupos da sociedade em relação à expansão da fonte e seus impactos em regiões sensíveis. Esse cenário contribui para a **complexa dinâmica observada no processo de licenciamento ambiental** e até para as dificuldades em realizar estudos prévios. Em muitos casos, o processo de viabilidade de UHEs se tornou complexo e longo, envolvendo interferências judiciais, estudos adicionais, consultas diversas, dentre outras demandas.

Além da complexidade inerente à implantação de uma UHE, frequentemente, as discussões acontecem na esfera do licenciamento ambiental. A ideia de discutir apenas o projeto e sua interferência dificulta uma visão mais abrangente e integrada do que está ocorrendo e do que está previsto para a região. Nessa linha, a dinâmica atual tem sido contestada e cresceu o debate acerca da **carência de uma avaliação ambiental estratégica**. Essa ferramenta tem como base uma avaliação sistêmica e abrangente, abarcando a gama de questões que envolvem a implantação de uma UHE, além dos efeitos cumulativos e sinérgicos de outros projetos e planos previstos para a região.



O método traz a discussão para o âmbito do planejamento estratégico do País, possibilitando a articulação das diferentes dimensões envolvidas, antecipando questões e **ampliando a participação**. Para além da participação já prevista no processo de licenciamento, ainda há dúvidas sobre qual o momento mais adequado para a discussão, qual a escala a ser considerada e como deve se dar a participação nas etapas de planejamento e construção de projetos.

Quanto aos desafios de outra natureza, destaca-se a incerteza sobre a **viabilidade financeira** de grandes projetos, considerando seus elevados custos de investimento. Outras questões associadas à expansão hidrelétrica estão relacionadas à ausência de **remuneração dos atributos** que as UHEs fornecem ao sistema elétrico, como a flexibilidade operativa e o armazenamento energético e, no longo prazo, o efeito das mudanças nos regimes hidrológicos e a vulnerabilidade do sistema frente às **alterações climáticas**.

Quais as iniciativas para a gestão dos desafios da expansão hidrelétrica?

Diante desse quadro, o governo iniciou um **processo de articulação entre ministérios**, promovendo discussões e estudos estruturantes, com objetivo de definir estratégias que conciliem a conservação ambiental e a geração de energia. Como exemplo, podem ser citados os estudos de potencial hidrelétrico e conservação da biodiversidade na bacia hidrográfica Tapajós-Juruena, desenvolvido pelo MME e MMA; as discussões acerca da sobreposição de hidrelétricas e unidades de conservação em situações em que foram alterados os limites territoriais de UCs⁵; ou as discussões quanto à sobreposição de potencial hidrelétrico e propostas de criação de unidades de conservação.

Atualmente, está em desenvolvimento proposta de Plano de Ação para a institucionalização de ferramenta voltada à realização de **avaliação sistêmica para grandes empreendimentos hidrelétricos**, sob coordenação da Casa Civil da Presidência da República, com a participação dos Ministérios de Minas e Energia; do Meio Ambiente; e do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

Também é importante destacar a **mobilização do setor acerca das questões sociais e legais no âmbito do planejamento energético**, tais como: a participação na proposta que institui a Lei Geral de Licenciamento Ambiental⁶; a regulamentação da atuação dos órgãos e entidades federais envolvidos no processo de licenciamento ambiental⁷; a instituição do cadastro socioeconômico da população atingida por empreendimentos de geração de energia elétrica⁸; e o esforço para a regulamentação dos mecanismos de consulta nos moldes da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT⁹ e para a regulamentação do artigo 231 da Constituição Federal¹⁰.

⁵ Lei nº 12.678, de junho de 2012 - Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Mapinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências.

⁶ A proposta substitui o PL 3.729/2004 que dispõe sobre o licenciamento ambiental.

⁷ Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015 – Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Ibama. As Instruções Normativas específicas de cada órgão ou entidade também foram publicadas.

⁸ Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010 - Institui o cadastro socioeconômico para identificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, cria o Comitê Interministerial de Cadastro Socioeconômico, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, e dá outras providências e Portaria Interministerial nº 340, de 1 de junho de 2012 – Estabelece competências e procedimentos para a execução do Cadastro Socioeconômico para fins de identificação, quantificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, nos termos previstos no Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010. Até o momento, foram analisados e aprovados os planos cadastrais dos aproveitamentos: AHE São Luiz do Tapajós, AHE Jatobá, AHE Tabajara, AHE Garabi e AHE Panambi.

⁹ No Brasil, o Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004, promulgou a Convenção nº 169 da OIT sobre povos indígenas e tribais. O artigo 6º informa que os governos deverão consultar os povos interessados, mediante procedimentos apropriados, cada vez que sejam previstas medidas legislativas ou administrativas suscetíveis de afetá-los diretamente. Entretanto ainda há indefinições sobre o procedimento de consulta. Desde 2012, vem sendo realizadas atividades com o objetivo de estudar, avaliar e apresentar proposta de regulamentação dos mecanismos de consulta prévia da Convenção 169 da OIT. A retomada das discussões sobre o tema está prevista para 2019.

As iniciativas supracitadas refletem o esforço do setor para aprimorar a gestão socioambiental dos projetos hidrelétricos previstos e **buscar soluções para os desafios da expansão**. Porém, vale lembrar que o setor é apenas um dos atores nas discussões que são complexas e envolvem interesses diversos. Por fim, ainda que haja muito a ser feito, é um avanço trazer essas discussões para a esfera do planejamento e reconhecer a importância da articulação intersetorial para compatibilizar a geração de energia com as políticas sociais e ambientais.

Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica

Com o objetivo de representar os impactos (ambientais e socioeconômicos) e benefícios socioeconômicos da expansão hidrelétrica do PDE 2029 foram avaliados os seguintes indicadores¹¹: perda de vegetação nativa, transformação de ambiente lótico em lêntico, interferência em unidade de conservação, população afetada, interferência em terra indígena, interferência na infraestrutura, geração de empregos, incremento temporário na arrecadação municipal (ISS) e incremento permanente na arrecadação municipal (compensação financeira).

Os indicadores apresentados na Tabela 5 não possuem a pretensão de abordar todas as questões relativas à UHEs, mas buscam representar os principais impactos e benefícios de âmbito local¹² que são frequentemente associados à implantação de projetos hidrelétricos.

¹⁰ O artigo 231 da CF trata do reconhecimento dos direitos originários dos índios sobre as terras tradicionalmente ocupadas. A falta de regulamentação do §3º, sobre a exploração dos recursos hídricos em Terras Indígenas, deixa em aberto o procedimento de consulta e a forma de compensação às comunidades afetadas, exigindo atualmente a autorização do Congresso Nacional para a instalação de projetos nessas terras. Desde 2011 o MME vem discutindo a regulamentação deste artigo com a Presidência da República e outros entes do Governo Federal. Durante o ano de 2018 foram realizadas reuniões, sob a coordenação da Casa Civil, de modo a atender o Acórdão 2723/2017 do TCU que determina que a Casa Civil, em articulação com o MME e o MMA adote ações efetivas com fins de levar ao Congresso Nacional proposta de regulamentação dos meios consultivos previstos no art. 231, § 3º, da CF. Atualmente encontra-se em revisão a versão final do texto de proposta de regulamentação, no âmbito de um grupo de trabalho coordenado pela Casa Civil.

¹¹ Os indicadores têm como base a metodologia da avaliação socioambiental de UHEs (EPE, 2012), e foram selecionados considerando os principais impactos e benefícios associados à implantação de projetos hidrelétricos e outros aspectos como a mensuração do indicador e a existência e a qualidade de dados.

¹² Indicadores de benefícios de âmbito regional ou nacional, como a geração de energia, e a contribuição da geração hidrelétrica para o controle das emissões de GEE não foram considerados.

Tabela 5 – Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica



INDICADORES AMBIENTAIS	
Área alagada (km ²)	996 (0,012% do território nacional)
Área alagada por potência instalada (km ² /MW)	0,52 (UHEs existentes: 0,44 km ² /MW)
Perda de vegetação nativa (km ²)	543
Perda de vegetação nativa por MW (km ² /MW)	0,28
Transformação do ambiente lótico em lêntico	915
Nº de UHEs com interferência em UC de proteção	nenhuma das 10 UHEs
Nº de UHEs com interferência em UC de uso	3 das 10 UHEs ¹³



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
População diretamente afetada (hab.)	aproximadamente 4,5 mil
População diretamente afetada por MW (hab./MW)	2,3
Interferência na infraestrutura (população atraída/população dos municípios)	0,18
Nº de UHEs que interferem em quilombos	nenhuma das 10 UHEs
Nº de UHEs que interferem diretamente em TI	nenhuma das 10 UHEs
Nº de UHEs situadas até 40 km de TI na Amazônia Legal e 15 km nas demais regiões	3 de 10 UHEs
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽¹⁾	18,1 mil
Empregos diretos gerados no pico das obras por MW (empregos/MW)	9,5
Compensação financeira em 2029 (R\$ milhões) ^{(2) (3)}	48 3,1% da compensação financeira paga em 2018 por todas as UHEs em operação)
Compensação financeira para os estados no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾	30
Compensação financeira para os municípios no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾	78
ISS gerado nas obras no decênio (R\$ milhões)	343

Notas: (1). Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para as 10 UHEs, informado nos estudos ambientais ou nos estudos de inventário ou viabilidade. Ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados. (2). Considera somente a geração das usinas cuja operação se inicia no horizonte deste PDE. Os montantes de compensação financeira foram calculados considerando a TAR 2019 (R\$ 77,38) para todo o horizonte decenal. (3). Montante de arrecadação, no ano de 2029, da compensação financeira definida pela Lei nº 9.884/2000, considerando as parcelas destinadas aos estados, municípios e à União.

¹³ Na região Sul, três projetos hidrelétricos interferem com uma APA – Área de Proteção Ambiental.

4.2. Pequenas Centrais Hidrelétricas

As Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs são fonte de energia elétrica **renovável** e de **baixo custo de operação**. A fonte apresenta **baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE)**. Ainda, as PCHs apresentam como benefício a **flexibilidade operativa** e capacidade de **armazenamento** em pequenas escalas de tempo (diária), ou seja, capacidade de modular a produção para acompanhar a demanda.

As PCHs, geralmente, são construídas em pequenos e médios rios, **próximas aos centros consumidores de energia**, o que reduz custos e perdas no sistema, uma vez que não é necessária a construção de extensas linhas de transmissão. Ainda, a implantação dos projetos **movimenta a economia das cidades** e, como são desenvolvidas com conhecimento, tecnologia, equipamentos e materiais totalmente nacionais, **promovem o desenvolvimento econômico do país e a geração de empregos**, ao longo de toda a cadeia produtiva.

De modo geral, as PCHs possuem **reservatórios com pequenas áreas alagadas**, operados normalmente a fio d'água. Esta condição faz com que os impactos socioambientais frequentemente relacionados à formação de reservatórios, como a interferência em áreas de vegetação nativa ou em propriedades/população, sejam menores quando comparados a usinas hidrelétricas.

Como é o parque de PCHs atual?

Atualmente, a capacidade instalada de pequenas centrais hidrelétricas no Brasil é de **5.989 MW**, que representa 3,59% de toda a potência do país (ANEEL, 2019). Esse total está distribuído em 426 PCHs e outras 703 CGHs¹⁴, localizadas principalmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul (Figura ao lado).



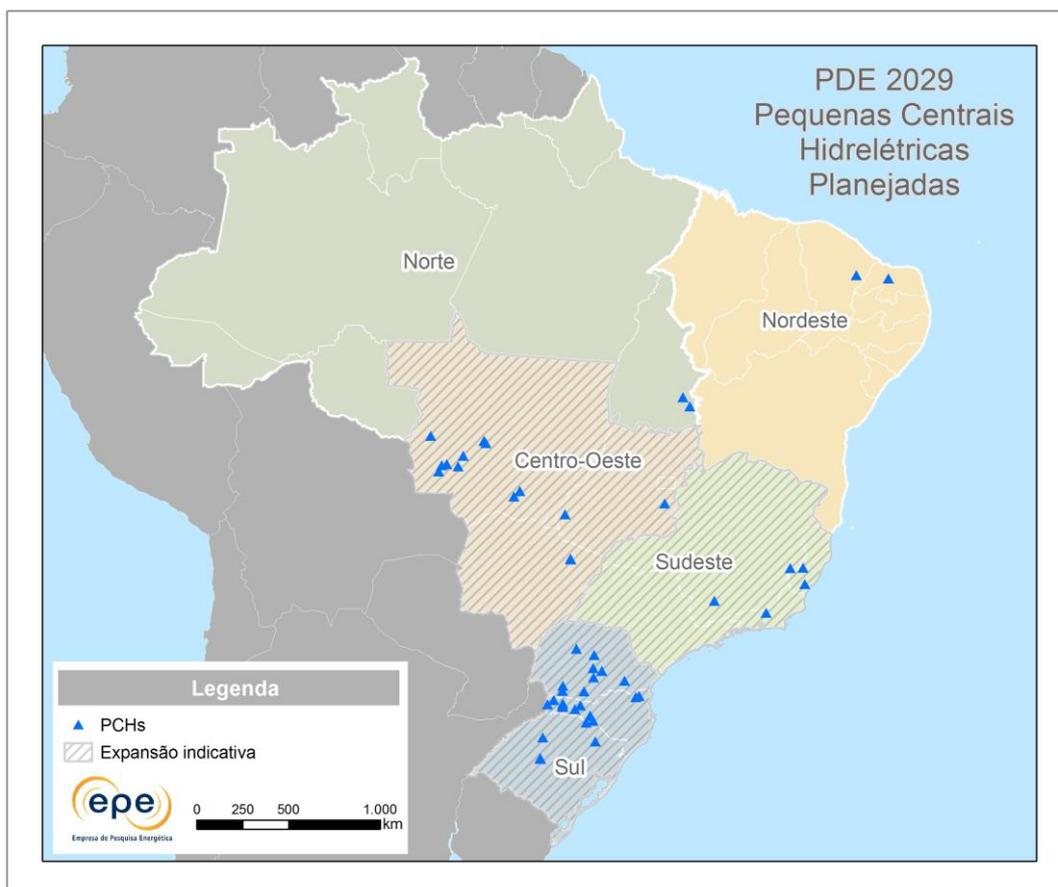
Como será a expansão de PCHs nos próximos 10 anos?

Para todo horizonte decenal é prevista a **expansão de 2.664 MW** de potência instalada, o que representa avanço de 44% em relação ao parque atual. Na primeira metade do horizonte, é considerada a entrada de 564 MW de potência, distribuídos em 49 PCHs já contratadas. Já a partir de 2023, é prevista a entrada de outros 2.100 MW de potência instalada (expansão indicativa).

Nota-se que, para todo o horizonte decenal, a maior parte da expansão, contratada e indicativa, ocorrerá nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. No Norte e no Nordeste, a expansão é pouco expressiva e ocorre a partir de reservatórios já existentes em três dos quatro empreendimentos previstos. A Figura 12 indica a localização da expansão planejada.

¹⁴ Centrais Geradoras Hidrelétricas, com potência instalada inferior a 5 MW.

Figura 12 – Expansão de PCHs planejada no PDE 2029



As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, de forma geral, possuem características físicas mais favoráveis à implantação de PCHs, além de concentrarem grande parte do consumo de energia elétrica nacional. Por este motivo, a maior parte dos empreendimentos existentes e da expansão planejada localizam-se nessas regiões.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão de PCHs?

No contexto da região Sul, ainda que as áreas alagadas sejam relativamente pequenas, a **interferência em vegetação nativa** foi considerada relevante, já que os projetos interferem na vegetação marginal dos rios, ambientes que, além da importância ecológica, muitas vezes são os principais corredores de vegetação nativa da região. A isso, acrescenta-se o alto nível de ameaça do bioma Mata Atlântica.

As PCHs, em geral, são implantadas em rios de menor porte e regiões de cabeceira das bacias hidrográficas, áreas importantes para a **fauna aquática** por serem estratégicas para a reprodução de peixes e por comumente apresentarem elevado grau de endemismo. Adicionalmente, a implantação de um conjunto de empreendimentos em uma mesma bacia pode gerar **efeitos cumulativos e sinérgicos**, sobretudo nos ecossistemas aquáticos. Essa situação é particularmente importante para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, haja vista a expansão prevista e a grande quantidade de barragens já existentes.

A implantação dos projetos planejados trará interferências também sobre o meio social. Nesse sentido, deve-se atentar para as populações mais sensíveis, sobretudo aquelas em áreas rurais. Particularmente no estado de Mato Grosso, merecem atenção as **populações indígenas**, já que podem surgir **conflitos** em função das interferências dos empreendimentos com essas populações, sobretudo nos seus modos de vida. Além disso, também se pressupõe maior complexidade no processo de desenvolvimento do projeto, considerando a necessidade de articulação com as populações próximas e de estudos e procedimentos específicos.

Com base nessa análise, foram indicados como temas socioambientais relevantes das PCHs os temas **fauna, vegetação nativa e povos e terras indígenas**. A Tabela 6 apresenta estes temas, por região geográfica, conforme modelo da matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2029.

Tabela 6 – Síntese da análise socioambiental das PCHs do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 PCHs	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas	 		 

Legenda

 Fauna  Povos e terras indígenas  Vegetação nativa

Quais os principais desafios socioambientais relacionados à expansão de PCHs?

Embora os estudos do PDE indiquem o benefício da fonte para a expansão da matriz elétrica brasileira, o desenvolvimento de novas PCHs tem-se mantido aquém do patamar estimado. Os desafios para essa expansão estão relacionados sobretudo a **questões econômicas e financeiras**. Nessa linha, avanços na **remuneração dos serviços** associados a geração de energia, como por exemplo o preço horário da energia e a **valoração dos atributos** de capacidade e flexibilidade, trariam benefícios ao setor, aumentando a competitividade dessa fonte. Nessa linha, novos modelos de negócio podem ser pensados de forma a viabilizar a expansão da fonte.



Em termos socioambientais destaca-se como desafio o **processo de licenciamento ambiental**, que, na maioria dos casos, segue os mesmos ritos processuais de empreendimentos hidrelétricos de maior porte, sendo exigidos complexos Estudos de Impacto Ambiental. Nesse processo, há, ainda, a necessidade de manifestação de outros órgãos, como Funai, Iphan e Fundação Cultural Palmares.

Há também o fato de cada unidade da federação ter sua própria legislação ambiental. Assim, os procedimentos de licenciamento são heterogêneos e em alguns processos são exigidos estudos adicionais (por exemplo, Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH). Tais exigências implicam em processos longos, complexos e, por vezes, imprevisíveis, o que dificulta a avaliação dos riscos financeiros associados aos projetos e influencia a atratividade econômica da fonte.

O **diálogo com as comunidades tradicionais** é outro desafio a ser enfrentado pela fonte. À medida que a expansão avance para áreas próximas a territórios indígenas, fato que começa a ocorrer sobretudo na região Centro-Oeste, deve-se aprimorar a comunicação com as comunidades a fim de garantir sua participação no processo, buscando estabelecer medidas efetivas de mitigação e compensação das interferências e evitar possíveis conflitos.

Quais as principais iniciativas socioambientais relacionadas à expansão de PCHs?

Sobre o licenciamento ambiental, existem duas iniciativas do setor que visam dar celeridade, transparência, objetividade e reduzir os custos envolvidos nos processos. A primeira diz respeito à série de encontros realizada pelo MME, com a Associação Brasileira das Entidades Estaduais de Meio Ambiente - Abema e com os órgãos ambientais estaduais, a fim de discutir a **uniformização dos procedimentos de licenciamento ambiental**.

A segunda iniciativa busca ampliar a participação de representantes das instituições relacionadas ao meio ambiente no processo de estudos para implantação de empreendimentos, por meio dos **inventários hidrelétricos participativos**. O objetivo é melhorar a dinâmica do processo de implantação de um projeto, a partir da interação com os órgãos ambientais na fase de planejamento e, assim, antecipar questões críticas, aumentando a segurança e a previsibilidade do andamento dos empreendimentos. Nesse ano, como projeto piloto, foi aprovado o estudo do rio Pardo, em Mato Grosso do Sul, ação integrada entre Aneel e Imasul.

O Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, por sua vez, seguiu outra linha de ação. Por meio da Resolução nº 0388/2018 estabeleceu áreas não passíveis ao processo de licenciamento ambiental para as PCHs. Por um lado, este tipo de iniciativa reduz o risco do empreendedor em desenvolver estudos em áreas de maior sensibilidade socioambiental; mas, por outro lado, elimina a possibilidade de desenvolver projetos eventualmente viáveis técnico e socioambientalmente.

Indicadores socioambientais da expansão de PCHs

Para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da implantação das PCHs planejadas são avaliados dois indicadores socioambientais (Tabela 7).

O primeiro é relativo à área dos reservatórios previstos e representa principalmente os impactos nos meios físico e biótico, tais como a perda de vegetação e as interferências sobre a biodiversidade local. A relação da área alagada por potência instalada referente à expansão prevista no próximo decênio é de 0,09 km²/MW. Para comparação, essa mesma relação para as PCHs hoje em operação é de 0,14 km²/MW e para as UHEs é de 0,44 km²/MW.

O segundo indicador se refere aos empregos diretos gerados no pico das obras. Representam, em princípio, o aumento das oportunidades de trabalho e a dinamização da economia dos locais onde estes projetos se inserem. Ao longo do horizonte decenal é esperada a geração de cerca de 53 mil empregos diretos, considerando os trabalhadores no pico da obra de cada projeto. Esta



estimativa considerou o valor de 20 empregos para cada MW instalado, valor médio obtido com base em informações de PCHs cadastradas em leilões de energia. Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo contabilizados.

Tabela 7 – Indicadores socioambientais da expansão de PCHs



INDICADORES AMBIENTAIS	
Área alagada (km ²)	232
Área alagada por potência instalada (km ² /MW)	0,09 (PCHs existentes: 0,14km ² /MW)



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras	53 mil
Empregos diretos gerados no pico das obras por MW (empregos/MW)	20

4.3. Termelétricas de fontes não renováveis



Quais os principais benefícios das termelétricas de fontes não renováveis?

As usinas termelétricas são largamente empregadas por apresentarem características técnicas que trazem ganhos de confiabilidade ao sistema elétrico e aumentam a **segurança energética** do país. Adicionalmente, possibilitam a **otimização dos recursos** no sistema integrado compensando as variabilidades e sazonalidades de outras fontes. Deste modo, apesar dos esforços para manter a matriz elétrica predominantemente baseada em fontes de baixa emissão de gases de efeito estufa e, mesmo aumentando a capacidade de armazenamento do sistema, o planejamento setorial necessita da expansão de termelétricas de fontes não renováveis.

Essa tipologia de empreendimento apresenta a vantagem de possuir certa **flexibilidade locacional**, apesar da disponibilidade e transporte de combustível serem fatores relevantes para a locação das usinas. Isso permite implantar as usinas em áreas próximas aos centros de carga, reduzindo custos, perdas e impactos socioambientais inerentes a extensas linhas de transmissão. Além disso,



necessitam de **áreas relativamente pequenas** quando comparadas a outras fontes de energia, fato que, associado à flexibilidade locacional, evita conflitos pelo uso do solo e possibilita a seleção de locais com menor sensibilidade socioambiental para sua implantação. Nesse sentido, é frequente a instalação desses empreendimentos dentro de complexos industriais já estabelecidos, como complexos portuários.

Os benefícios econômicos e sociais associados à implantação e operação dos projetos termelétricos estão relacionados à **geração de empregos** diretos e indiretos, ao aumento da demanda por bens e

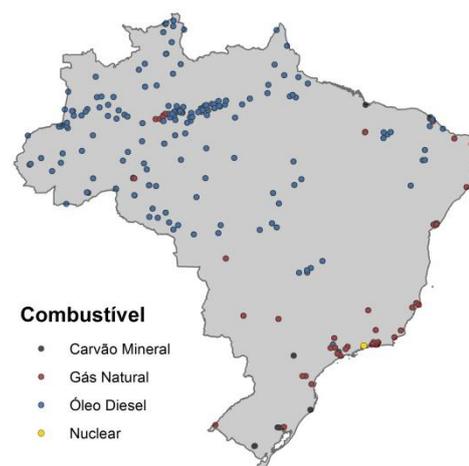
serviços, e ao aumento da arrecadação tributária, contribuindo para o dinamismo econômico da região.

Dentre os combustíveis fósseis, o gás natural se destaca por apresentar menor emissão de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa (GEEs). Isso se deve à baixa concentração de contaminantes e à elevada eficiência dos processos de geração de energia atuais. Já o diesel e o carvão mineral contribuem principalmente para a segurança energética pela confiabilidade de suprimento de combustível, já que há extensa infraestrutura de distribuição de diesel no país e disponibilidade de reservas de carvão mineral na região Sul.

A term nuclear não emite diretamente gases poluentes, nem GEEs, já que o calor necessário para a geração de energia elétrica não provém da queima de combustíveis, e sim da fissão nuclear. Além disso, devido à alta densidade energética do combustível nuclear, são necessárias pequenas quantidades de combustível para a produção de energia, facilitando o armazenamento e logística (ELETRONUCLEAR, 2014). Destaca-se que o país possui reservas de urânio que contribuem para a segurança energética nacional. Com a possibilidade de reciclagem e evolução tecnologia, pode-se ainda aumentar o aproveitamento do elemento combustível.

Como é o parque termelétrico não renovável atual?

De acordo com o Banco de Informações de Geração (ANEEL, 2019) a potência outorgada das usinas em operação¹⁵ no país é cerca de **14 GW para gás natural** (66 usinas), **3 GW para carvão mineral** (10 usinas), **2,5 GW para óleo diesel** (177 usinas) e **2 GW para nuclear** (2 usinas).



Como será a expansão termelétrica nos próximos 10 anos?

Neste decênio está prevista a **entrada de 28.112 MW de usinas térmicas a gás natural, diesel, nuclear e carvão mineral** (Figura 13). Na expansão contratada é prevista a entrada de 7.114 MW de potência, distribuídos em 9 UTEs, das quais seis a gás natural (5.423 MW), duas a diesel (286 MW) e uma nuclear (1.405 MW). Já para a expansão indicativa estão previstos 20.997 MW, com o predomínio de UTEs a gás natural distribuídas nos seguintes subsistemas: 14.877 MW no Sudeste/Centro-Oeste, 948 MW no Nordeste e 5.173 MW no Sul¹⁶.

As unidades previstas para a primeira metade do decênio estão localizadas predominantemente na região costeira, próximas ao centro de carga ou da fonte de combustível, como gasodutos ou áreas

¹⁵ Consideradas as seguintes categorias de destino da energia: Serviço Público, Produção Independente e Autoprodução de Energia.

¹⁶ O subsistema Sul é a única exceção com previsão de entrada de 293 MW de carvão mineral. Neste caso, o carvão apresentou competitividade superior às outras tecnologias consideradas no modelo.

de exploração de gás natural (no caso das usinas a gás natural). Já a expansão indicativa está concentrada nos subsistemas de maior demanda (Figura 13).

Figura 13 – Localização das usinas termelétricas contratadas a gás natural, diesel e nuclear e indicativas no PDE 2029



Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão termelétrica?

As principais interferências socioambientais de usinas termelétricas envolvem a emissão de poluentes atmosféricos e GEE e o consumo de água. Ainda que estas e outras interferências sejam mitigáveis e usualmente gerenciadas no âmbito dos projetos, dependendo da sensibilidade da região de implantação, vale destacar os temas socioambientais mais relevantes.

Neste sentido, a expansão da termoeletricidade sobre o tema **recursos hídricos** na região Nordeste merece atenção devido ao histórico regional de **críticidade hídrica**. Em locais onde o balanço hídrico é desfavorável, seja pela baixa disponibilidade de água, ou pela elevada demanda de outros usuários, é importante que os projetos considerem medidas que minimizem o seu consumo.

Para os combustíveis fósseis, destaca-se a emissão de poluentes atmosféricos e de GEEs. A **emissão de poluentes atmosféricos** é especialmente crítica em locais com a **qualidade do ar** já impactada por outras fontes fixas e móveis. Considera-se, sob este aspecto, a região Sudeste como a mais

sensível frente à expansão planejada por apresentar grandes centros urbanos e industriais com qualidade do ar afetada. Ressalta-se que, na região Sul, houve o descomissionamento recente de usinas antigas a carvão mineral, e, tendo em vista a expansão indicativa, não se espera elevada concentração de usinas de modo a comprometer a qualidade do ar na região. As emissões de GEEs (média anual) para as usinas planejadas durante o decênio encontram-se na Tabela 9.

O gás natural é o combustível fóssil de menor emissão de gases poluentes e GEEs, em função da baixa presença de contaminantes e maior eficiência da conversão energética. Já o diesel e o carvão mineral emitem principalmente material particulado (MP), óxidos de enxofre (SOx) e de nitrogênio (NOx), além dos GEEs. Para minimizar os impactos na qualidade do ar, é fundamental a seleção de local com dispersão atmosférica favorável e afastado de receptores importantes, combinado com uso de tecnologias eficientes, equipamentos de abatimento de emissões e monitoramento adequado, de forma a atender às exigências legais. Para a redução das emissões de GEE, é fundamental o uso de equipamentos mais eficientes ou ainda tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono.

Com relação à term nuclear, o aspecto socioambiental mais relevante é a **disposição de resíduos radioativos**. A região Sudeste irá receber o único projeto previsto no decênio, Angra 3, no mesmo sítio das demais usinas existentes. Sobre a disposição dos combustíveis nucleares irradiados (alta atividade) em Angra 3, estes serão armazenados inicialmente em piscina próxima ao reator, indo, em seguida, para armazenamento complementar, e, por fim, para a destinação final (armazenagem ou reprocessamento) (ELETRONUCLEAR, 2014). A estimativa de quantidade gerada durante toda sua vida útil (40 anos) é de 10.880 kg de urânio 235 e 12.640 kg de plutônio total (ELETRONUCLEAR, 2015). Os demais resíduos de média e baixa atividade são armazenados em depósitos locais.

De acordo com a análise apresentada acima, três temas socioambientais foram considerados relevantes no contexto do Plano, a saber: **recursos hídricos**, **qualidade do ar** e **resíduos**. Estes temas estão sintetizados na Tabela 8, conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada.

Tabela 8 - Síntese da análise socioambiental das usinas termelétricas do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UTEs fósseis	Não há projetos planejados		 Interferências inexpressivas		 Interferências inexpressivas
 UTE nuclear	Não há projetos planejados	Não há projetos planejados	Não há projetos planejados		Não há projetos planejados

Legenda

 Qualidade do ar

 Resíduos

 Recursos hídricos

Quais os principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão termelétrica?

Um dos principais desafios para as termelétricas que empregam combustíveis fósseis é a **redução das emissões de GEE** para minimizar as consequências das mudanças climáticas. Nesse sentido, observa-se o aumento da participação do gás natural que é o combustível que menos emite GEE dentre os fósseis. Além disso, há investimentos no desenvolvimento de tecnologias para captura e armazenamento e uso de carbono para reduzir essas emissões. Ressalta-se que, com a implementação de alguns resultados da iniciativa Gás para Crescer (BRASIL, 2016) e com o Decreto Presidencial nº 9.616 de dezembro 2018, o setor de gás natural tem expectativa de avanços na sua participação inclusive no setor elétrico.



Para as fontes fósseis existe também a preocupação com o **comprometimento da qualidade do ar** pela emissão de poluentes atmosféricos. Essa questão é ainda mais relevante para a expansão indicativa em áreas onde já existam outras fontes significantes de poluição. Destaca-se que, apesar de já estarem disponíveis tecnologias para abatimento de emissões de poluentes, para assegurar a qualidade do ar local, é importante o controle e gerenciamento das demais fontes fixas e móveis existentes e futuras na região. Recentemente a Resolução CONAMA nº 491/2018 estabeleceu novos padrões de qualidade do ar que deverão ser observados pelos órgãos ambientais no âmbito do licenciamento ambiental, exigindo, quando pertinente, limites de emissão mais restritivos.

Adicionalmente, para as usinas termelétricas a carvão mineral deverão ser adotadas medidas para **controle e redução das emissões de mercúrio** devido a promulgação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, pelo Decreto nº 9.470/2018. A Convenção tem como objetivo proteger a saúde humana e o meio ambiente com a adoção de medidas para reduzir e controlar o uso de mercúrio e seus compostos. Para tratar dessa questão, foi criado no país um grupo de trabalho permanente para acompanhar e implementar as medidas necessárias (MMA, 2019).

A **redução da demanda de água para resfriamento** também é um desafio, especialmente para implantação de projetos em regiões que apresentem criticidade hídrica. Sendo assim, é fundamental que os empreendimentos busquem aplicar boas práticas que minimizem o seu consumo, além do emprego e desenvolvimento de tecnologias de resfriamento que requeiram menos água e que sejam interessantes do ponto de vista econômico.

Por fim, para as termoeletrônicas, que não emitem diretamente gases poluentes, nem GEEs, os principais desafios envolvem a **disposição final de resíduos radioativos** e a **percepção de risco de acidente** pela sociedade. Sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos, a CNEN tem a incumbência legal de construir o Repositório Nacional de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN). Sobre os rejeitos de alta atividade, combustíveis irradiados, a política brasileira é de postergar a decisão sobre o reprocessamento, mantendo-os em estoque (CNEN, 2019). Com relação à percepção de risco de usinas, para aumento da aceitação pública desta fonte, deve-se investir em estratégias de comunicação para esclarecer a sociedade sobre seus benefícios

socioambientais e riscos, além de informar como os rígidos padrões de segurança internacionais exigidos minimizam a possibilidade de ocorrência de acidentes.

Indicadores socioambientais da expansão termelétrica

No presente plano são propostos dois indicadores socioambientais para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da implantação das termelétricas planejadas (Tabela 9).

O primeiro é relativo à média anual das emissões de gases de efeito estufa no Sistema Interligado Nacional no período de 2020-2029. O segundo indicador se refere aos empregos diretos gerados no pico das obras e durante a operação. Estima-se que a somatória dos empregos diretos gerados na implementação dos empreendimentos seja de cerca de 51 mil, considerando o pico de trabalhadores de cada projeto, e 3 mil durante a operação. Ressalta-se que os benefícios econômicos e sociais advindos da contratação de mão de obra poderão ser maximizados se forem priorizadas contratações locais ou regionais.

Tabela 9 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica



INDICADORES AMBIENTAIS	
Emissões de GEE no SIN (média anual, 2020-2029)	26,6 MtCO ₂ eq



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras	51 mil
Empregos diretos gerados durante a operação	3 mil

Notas: Cálculo dos empregos baseado no somatório das previsões informadas nos estudos ambientais dos empreendimentos contratados (UTE OESTE CANOAS I, 2015; UTE NOVO TEMPO, 2014; e UTE PAMPA SUL, 2015) somado a estimativas, com base em informações de empregos encontradas nos estudos ambientais de projetos de UTEs, para a geração indicativa.

4.4. Termelétricas a biomassa



Quais os principais benefícios das termelétricas a Biomassa?

O uso da biomassa para geração de energia apresenta vantagens para o sistema elétrico, tanto em termos socioambientais quanto em termos técnico-operacionais. Além de ser uma **energia renovável**, o uso energético da biomassa tem o potencial para agregar uma série de **cobenefícios relevantes**, tais como: armazenamento de energia, aproveitamento de resíduos urbanos, agrícolas e florestais, disponibilidade de recursos em regiões do sistema isolado e perto dos centros de carga, recuperação de áreas degradadas e estoque de carbono em florestas. No caso dos dois últimos pontos, as florestas energéticas ou dedicadas podem ter importante papel para o atendimento aos objetivos da NDC Brasileira, no que se refere à medida “restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos”. Nesse sentido, é importante destacar que o país domina a tecnologia de plantio e manejo florestal, o que favorece esse tipo de iniciativa.

O aproveitamento energético dos resíduos é especialmente positivo ao considerarmos não só a geração, mas também uma **solução rentável para** a problemática da disposição inadequada dos **resíduos** e os impactos decorrentes disso.

Cabe citar também, a **geração de emprego e renda** em toda a cadeia produtiva. Grande parte dos empregos gerados é disponibilizada no interior do país, em zonas rurais.

As termelétricas à biomassa possuem **flexibilidade locacional**, ainda que tenham limitações acerca da disponibilidade do combustível. Assim, é possível implantar os projetos relativamente próximos aos centros de carga, o que reduz a necessidade de construção de extensas linhas de transmissão (LT), evitando perdas e também os impactos socioambientais dessas LTs. Além disso, a flexibilidade possibilita a seleção de locais com menor sensibilidade socioambiental para sua implantação.

Como é o parque instalado de UTEs a biomassa?

Atualmente no Brasil, a capacidade instalada de geração a partir da biomassa totaliza **14,8 GW** (ANEEL, 2019). Cerca de **77%** dessa capacidade utiliza o **bagaço de cana-de-açúcar** como combustível. Termelétricas a lixívia respondem por 17%. O restante é composto por usinas a resíduos florestais, casca de arroz, capim elefante, biogás e outros resíduos.



Como será a expansão da geração a biomassa nos próximos 10 anos?

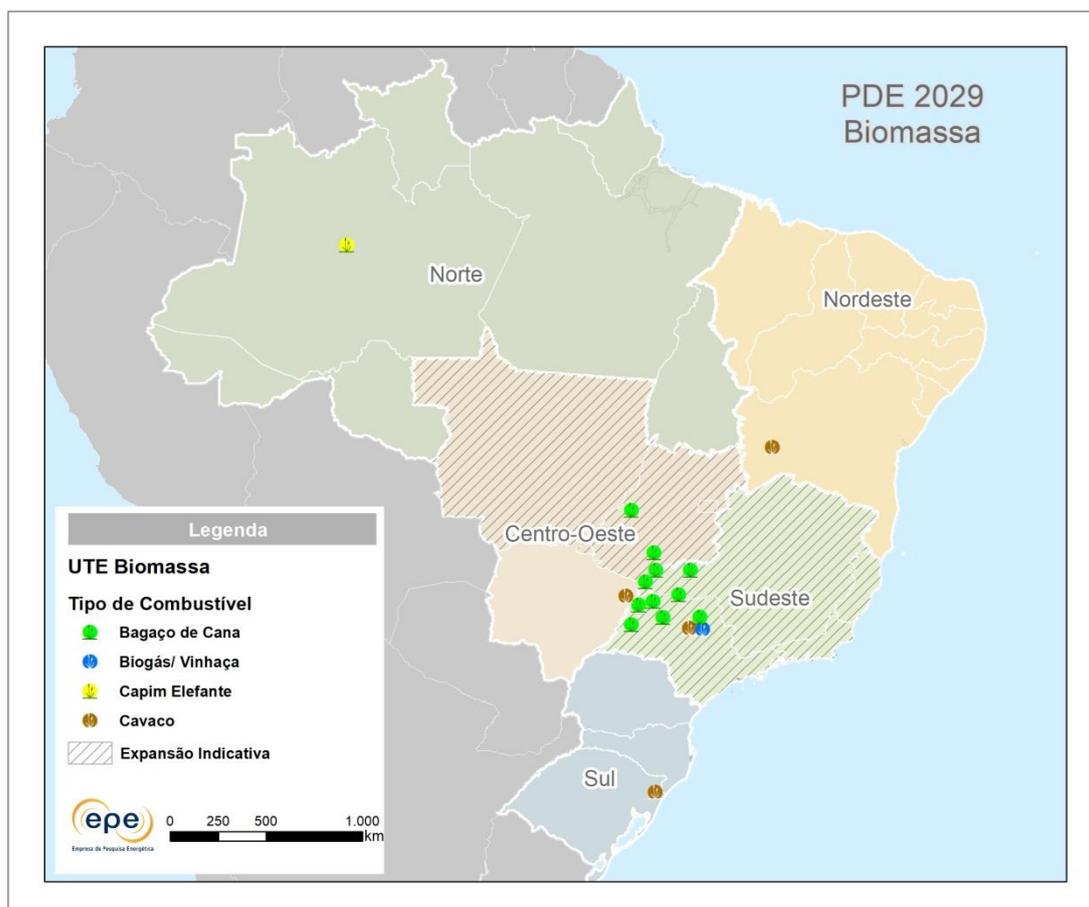
A expansão total estimada para o horizonte decenal é de cerca de **2,4 GW**, dos quais **584 MW já estão contratados** para o período entre 2020 e 2023 e 1.86 GW corresponde à expansão indicativa entre 2023 e 2029.

Dentre as termelétricas à biomassa já contratadas, cerca de 398 MW são usinas a bagaço de cana (68%). A expansão contratada contempla ainda usinas a resíduos florestais, cavaco de madeira, capim elefante e biogás. Os projetos estão localizados predominantemente no Sudeste e Centro-Oeste, mas também há alguns projetos no Sul, Norte e Nordeste. A Figura 14 apresenta a localização das usinas contratadas.

Já a expansão indicativa, que deverá estar localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, contempla usinas a bagaço de cana (1.050 MW; 57%); cavaco de madeira (600 MW; 32%); e biogás (210 MW; 11%).



Figura 14 – Localização das termelétricas a biomassa planejadas no PDE 2029



Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão da geração a biomassa?

Dentre as interferências socioambientais associada à geração de energia elétrica a partir a biomassa, pode-se destacar a emissão de poluentes atmosféricos, alteração do uso do solo (quando há plantios dedicados), o consumo de água e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Entretanto, deve-se atentar para o fato de que o combustível, em muitos casos, tem origem residual. Isso significa que boa parte dos impactos não são oriundos da atividade de geração de energia elétrica em si, mas sim de outros processos da atividade à qual estão vinculados.

Além disso, de forma geral, os impactos são de fácil mitigação, considerando o uso de equipamentos de controle para a emissão de particulados na combustão ou a adoção de técnicas de resfriamento eficientes para redução do consumo de água, por exemplo.

A Tabela 10 apresenta a síntese da análise socioambiental das termelétricas a biomassa PDE 2029. Como pode ser observado, as **interferências dessa fonte foram consideradas inexpressivas** no contexto das regiões onde está prevista a expansão.

Tabela 10 – Síntese da análise socioambiental das termelétricas a biomassa do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UTEs a biomassa	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>

Vale destacar que, apesar das interferências socioambientais serem consideradas inexpressivas no contexto regional, não significa que estas não existirão e que não **merecem atenção no nível local**.

Especificamente quanto às **florestas energéticas**, merecem atenção as interferências socioambientais associadas aos plantios dedicados. A expansão de extensas áreas de monocultura para fins de geração elétrica pode potencializar conflitos de uso do solo e causar impactos na biodiversidade e na paisagem, dentre outros. No entanto, é importante ressaltar que uma boa avaliação de alternativas locais e manejo adequado minimizam tais impactos. O uso de áreas degradadas, improdutivas e subutilizadas é fundamental para evitar a perda de biodiversidade.



Sobre a emissão de poluentes atmosféricos, principalmente o material particulado, este impacto é facilmente mitigado com o uso de equipamentos de controle, de forma a atender a legislação ambiental. Em locais onde a **qualidade do ar** já se encontra comprometida por outras fontes, deve ser dada atenção especial ao controle e monitoramento das emissões. Entretanto, observa-se que as usinas a biomassa normalmente se encontram em áreas rurais onde essa saturação dificilmente ocorre, como por exemplo o caso do bagaço da cana (biomassa mais importante do ponto de vista da potência instalada e da expansão decenal), queimado nas próprias usinas de açúcar e álcool.

O tema recursos hídricos também é importante para as usinas termelétricas porque, dependendo da tecnologia de resfriamento adotada, pode haver consumo expressivo de água, o que impacta na **disponibilidade hídrica** para outros usos. Como as usinas contratadas e indicativas estão localizadas em sua maioria na região Sudeste, onde já há grande pressão sobre os recursos hídricos, esse é um assunto que deverá ser bem avaliado pelos projetos. No caso das usinas a bagaço de cana, que estão inseridas nas plantas de produção de açúcar e etanol, o consumo de água especificamente na unidade de cogeração, para produção do vapor e resfriamento, é pequeno comparado ao consumo total da usina.

Quais os principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão da geração a biomassa?

Nas termelétricas que usam os **subprodutos** do setor sucroalcooleiro, pode-se dizer que os desafios se concentram no **maior aproveitamento dos resíduos**, palha e ponta, o que envolve aperfeiçoamento de aspectos logísticos e tecnológicos.

No caso do bagaço de cana, a maior parte da biomassa queimada para geração de energia elétrica destina-se à própria usina para produção de açúcar e etanol. O excedente é exportado ao sistema interligado, tornando-se uma terceira fonte de receita ao produtor. Portanto, equipamentos mais

eficientes e maior o aproveitamento dos resíduos tendem a reduzir custos e maximizar a parcela disponível de energia a ser vendida.

Entretanto, o desperdício da biomassa residual da cana ainda é grande e parte do problema se dá em função dos resíduos estarem geralmente dispersos no campo. Desde de 2008, o BNDES vem aumentando significativamente o financiamento para aquisição de colheitadeiras e a troca de caldeiras antigas por caldeiras de alta pressão, aumentando assim a disponibilidade de biomassa para geração de energia e a eficiência de todo o processo de cogeração.

Outra questão é o aumento do aproveitamento energético de outro resíduo importante do setor sucroalcooleiro, a vinhaça. Dentre as opções, se destaca o seu aproveitamento por meio da biodigestão anaeróbica, que resulta na **produção de biogás**.¹⁷ No setor elétrico, esse tipo de aproveitamento tem ganhado espaço, com alguns empreendimentos tendo vendido energia em leilões do ambiente de contratação regulado e também no mercado livre.



Quanto à produção de biogás, ressalta-se o desafio de se aumentar sua produção a partir do tratamento de **resíduos sólidos urbanos** e de outras atividades produtivas (pecuária, suinocultura, etc). Nesse sentido, é importante ressaltar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010) impõe prazos para a adequação do sistema de disposição de resíduos sólidos dos municípios, recomendando a implantação de aterros sanitários, e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos possui diretriz para indução do aproveitamento energético do biogás de aterros e de biodigestores. Segundo Quadros et al. (2016), a PNRS forneceu a base legal necessária para a estruturação do setor e impôs demandas para a gestão do resíduo fortalecendo o aproveitamento do biogás. Por outro lado, complementa que o país ainda carece de políticas capazes de incentivar esse tipo de projeto.

É importante mencionar também que o Brasil possui um **potencial energético significativo a partir de biomassa lenhosa residual oriunda de florestas plantadas e nativas**, gerada nas atividades de manejo e processamento de madeira. O aproveitamento dos resíduos provenientes do manejo florestal sustentável é especialmente interessante para a região Amazônica, onde está grande parte dos sistemas isolados. Segundo EPE (2018), nesta região esse potencial atinge 2,5 GW. Já a estimativa a partir dos resíduos de floresta plantada em regiões atendidas pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) indica um potencial de 633 MW. Ainda que o potencial seja expressivo, um maior aproveitamento energético desses resíduos dependerá da superação de barreiras relacionadas à competitividade desta fonte¹⁸.

¹⁷ Após processo de purificação do biogás, resulta um combustível gasoso (o biometano) com elevado teor de metano em sua composição, que reúne características que o torna intercambiável com gás natural em todas as suas aplicações. A qualidade do biometano é regulamentada por meio da Resolução ANP nº 8/2015 e da Resolução ANP nº 685/2017. A primeira, trata da especificação do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais; a outra, trata da especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto (ANP, 2019).

¹⁸ Para maiores detalhes vide Nota técnica EPE 17/18: Potencial Energético de Resíduos Florestais do manejo sustentável e de resíduos da industrialização da madeira, disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudo-potencial-energetico-de-residuos-florestais-do-manejo-sustentavel-e-de-residuos-da-industrializacao-da-madeira>

Com relação aos **plantios florestais dedicados** para geração de energia elétrica, IEMA (2018) aponta desafios importantes para a maior penetração desse tipo de empreendimento. Dentre eles, citam-se: i) mercado de madeira pouco consolidado em algumas regiões; ii) riscos com relação ao fornecimento de madeira, dependendo do modelo de negócios; iii) dificuldades no financiamento dos projetos; iv) necessidade de redução de custos para maior competitividade da fonte.

Indicadores socioambientais da expansão das termelétricas a biomassa

Do ponto de vista socioeconômico, deve-se observar a geração de emprego e renda com crescimento da economia local, especialmente quando projetos estruturantes são instalados em regiões pouco desenvolvidas. Nesse sentido, com a expansão prevista no decênio, estima-se a geração de aproximadamente 1,1 mil empregos diretos nas usinas a cavaco de madeira, além dos empregos associados à produção florestal. Já as usinas de cogeração do setor sucroalcooleiro não agregam quantidade expressiva de empregos diretos, já que trata-se de atividade anexa à produção de açúcar e etanol. A Tabela 11 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão de termelétricas a biomassa.

Tabela 11 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica a biomassa



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras	4.530 mil
Empregos diretos gerados durante a operação	453

Nota: Considera apenas usinas termelétricas a cavaco de madeira. Estimado considerando que uma usina a cavaco de madeira de 50 MW gera cerca de 300 empregos diretos no pico das obras e cerca de 30 na fase de operação (YKS Serviços, 2015).

4.5. Eólicas



Quais os principais benefícios das eólicas?

A energia eólica é **renovável** e permite a geração de energia **sem emissão de gases poluentes e de efeito estufa**. Além de provocar **maior dinamismo na economia local**, ela possibilita a utilização dos terrenos dos parques eólicos com outros usos, como a agricultura e a pecuária. Outro fator importante a ser mencionado é o número de **empregos diretos gerados** pela cadeia produtiva do setor de energia eólica no país, que representou mais de 150 mil postos de trabalho em 2016.

Apesar de seu perfil de geração intermitente, a exploração da energia eólica no Brasil tem contribuído de forma relevante para a **segurança operativa do SIN**, na medida em que sua geração reduz a necessidade de uso dos reservatórios e também de acionamento de usinas térmicas em períodos de hidrologia desfavorável. Além disso, as usinas eólicas, em especial aquelas localizadas na região Nordeste, proporcionam **complementariedade com a geração hidráulica**, devido à maior capacidade de geração de energia a partir dos ventos no período considerado seco para o SIN.

O Brasil ainda possui grande potencial de aproveitamento dessa fonte de energia para geração elétrica, principalmente nos litorais das regiões Nordeste e Sul, no norte de Roraima, assim como nas elevações nordeste-sudeste.

Como é o parque eólico atual?

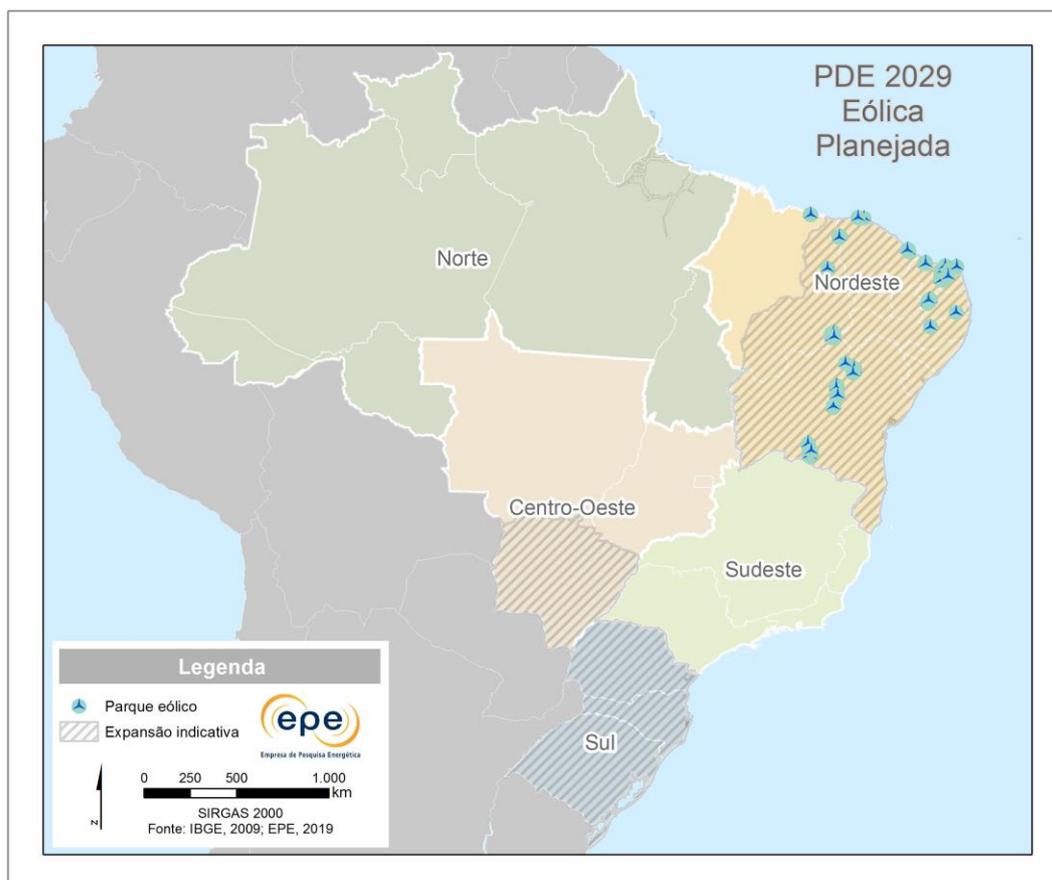
Trata-se da fonte que mais tem crescido no Brasil, alcançando o patamar de terceira fonte geradora de energia na matriz elétrica brasileira. Esse crescimento é reflexo da participação da fonte em 22 leilões de energia entre os anos de 2009 e 2019. Atualmente o país dispõe de 614 parques eólicos em operação distribuídos em 99 municípios localizados, predominantemente, nas regiões Nordeste e Sul do país, totalizando **15.099 MW de potência instalada** (ANEEL, 2019).



Como será a expansão eólica nos próximos 10 anos?

A expansão eólica no PDE 2029 é relativa somente a projetos onshore e prevê-se a **inserção de 24.438 MW** adicionais de potência, havendo expansão contratada até o ano de 2024. Para o primeiro ciclo do horizonte decenal, está prevista a instalação de **130 novos parques eólicos**, que adicionarão **3.438 MW ao sistema**. Destaca-se que toda a potência contratada está concentrada em parques localizados nos estados da região Nordeste. Entre 2024 e 2029 está prevista ainda **expansão indicativa de 21.000 MW nos subsistemas Nordeste e Sul**. A Figura 15 apresenta a localização dos parques eólicos contratados no horizonte decenal, assim como a representação das áreas com previsão da expansão indicativa.

Figura 15 – Localização dos parques eólicos planejados no PDE 2029



Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão eólica?

Inicialmente, é importante destacar que as principais questões ambientais associadas a projetos eólicos constam atualmente normatizadas pela Resolução Conama nº 462/2014, conferindo maior previsibilidade ao licenciamento ambiental desses empreendimentos. O cumprimento das especificações trazidas por essa normativa, tanto pelos órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento, como pelos empreendedores, possui potencial para reduzir os impactos ambientais causados por esses projetos e os desafios relacionados a sua gestão ambiental. Portanto, a aplicação prática dessa resolução deve ser continuamente incentivada.



O **risco de colisão de aves** com as pás dos aerogeradores, especialmente aquelas que possuem hábitos migradores, é uma das principais interferências relatadas para parques eólicos. Sobre esse tema, a tendência de aumento da altura das torres e diâmetro dos rotores que vem sendo observada para os aerogeradores (Tolmasquim, 2016) deve implicar no aumento do risco de colisão para as aves (ICMBio, 2016). Considerando que a localização de parques eólicos em áreas regulares de rota de aves migratórias é um dos critérios de enquadramento previstos na Resolução Conama nº 462/2014, destaca-se que alguns parques eólicos que fazem parte da expansão contratada serão instalados em áreas de ocorrência das espécies migratórias identificadas para a região Nordeste até

o momento (ICMBio, 2016). Adicionalmente, considerando especialmente o contexto da expansão indicativa para a região Sul, convém ressaltar que o Rio Grande do Sul elaborou regramento específico¹⁹ para orientar o licenciamento de parques eólicos no Estado, adotando informações sobre a avifauna como um dos critérios para enquadramento quanto ao tipo de estudo ambiental a ser elaborado.



A incidência de morte por **barotrauma em morcegos**, particularmente sobre as espécies que capturam seu alimento (p.ex., insetos) durante o voo e aquelas que possuem hábitos migratórios, também é um dos impactos comumente relatados para parques eólicos, havendo registro desse fenômeno para a região Sul do Brasil (Barros *et al.*, 2015). Para a região Nordeste, a principal preocupação é com a carência de dados de distribuição e ocorrência das espécies de morcegos (Bernard *et al.*, 2014), especialmente em áreas onde há expansão contratada prevista, como no interior da Bahia e do Piauí. Por conta das interferências sobre aves e morcegos, o tema **Fauna** foi destacado para a expansão eólica nas regiões Nordeste e Sul.

Impactos sobre a paisagem são comumente descritos nos estudos ambientais de empreendimentos eólicos, sendo comum encontrar neles diferentes percepções quanto à sua natureza (positiva ou negativa) (Espécie *et al.*, 2018). Apesar disso, esse tipo de impacto obtém dimensão adicional se os locais onde os projetos eólicos forem instalados representarem cenários de notável beleza cênica ou possuírem vocação natural para atividades de turismo e lazer. Dessa forma, o **impacto visual na paisagem** foi considerado relevante para a região Nordeste devido à existência de projetos previstos para a faixa litorânea dos estados do Ceará e do Maranhão no âmbito da expansão contratada para a fonte.

A **supressão de vegetação nativa** é uma questão importante para projetos eólicos, especialmente por conta da necessidade de abertura de acessos entre os aerogeradores durante a fase de instalação desses empreendimentos. Este tema é relevante para a região Nordeste considerando possíveis interferências diretas dos projetos sobre os diferentes tipos vegetacionais encontrados na região, além da instalação de projetos eólicos em unidades de conservação de uso sustentável.

Tomando como referência o cenário de expansão contratada para a fonte eólica, observa-se que a maior parte da expansão ocorrerá em regiões do semiárido nordestino, locais predominantemente formados por vegetação xerófila típica do **bioma Caatinga**. Além disso, convém destacar que alguns parques eólicos serão instalados em áreas de **Mata Atlântica**, fato que requer atenção especial quando da realização de supressão de vegetação nativa por conta da existência de legislação específica sobre o tema (Lei nº 11.428/2006). Ainda em relação a esse bioma, destaca-se que uma pequena parcela dos parques eólicos da expansão contratada está localizada em áreas costeiras dos estados do Maranhão, Ceará e Rio Grande do Norte, locais com presença de **dunas e restingas**,

¹⁹ A consideração de Zoneamento Ambiental e de outros estudos que caracterizem a região no processo de enquadramento do empreendimento eólico é uma das questões introduzidas pela Resolução Conama nº 462/2014. O estado do Rio Grande do Sul, por meio da Portaria FEPAM nº 118/2014, institucionalizou o uso do zoneamento para identificar as áreas onde o licenciamento ambiental de projetos eólicos deve ser feito por meio de EIA/RIMA ou RAS. Além disso, o zoneamento realizado também definiu as áreas onde não será mais possível instalar parques eólicos no estado, localizadas principalmente nos entornos da Lagoa Mirim e da Laguna dos Patos e em algumas regiões serranas próximas à divisa do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

ambientes considerados sensíveis para a biota e que possuem tipos vegetacionais bastante peculiares.

Nos últimos anos, vêm sendo levantadas preocupações com as interferências da implantação dos empreendimentos eólicos na **dinâmica territorial** e nos **modos de vida de comunidades locais**. Dentre as situações que merecem destaque está o impedimento do acesso e uso de áreas que, antes da implantação dos parques, eram franqueadas à população local em sua busca de recursos para subsistência e lazer.

Nas faixas litorâneas do Nordeste, alguns estudos apontam que pescadores artesanais tiveram sua atividade prejudicada por interferências nos acessos tradicionais que utilizavam para chegar à praia (Silva, 2014; Araújo, 2015; Gê *et al.*, 2019). Gorayeb *et al.* (2016) indicam que essa dificuldade também vem sendo observada no acesso às **lagoas interdunares** que, por terem sido parcialmente aterradas, deixaram de ser os locais preferenciais de pesca dos moradores dessas comunidades nos meses em que a pescaria em alto mar não pode ser realizada. Processo semelhante também tem sido observado em localidades do semiárido nordestino, onde já há registro do surgimento de conflitos por conta da implantação de parques eólicos em terras devolutas do norte da Bahia que passaram a ser ocupadas e cercadas, algumas vezes por grileiros, para seu posterior arrendamento (Bastos, 2017). Tal ocorrência tem causado o **impedimento do acesso** dos moradores da região às áreas antes utilizadas para a atividade agropastoril, coleta de frutos e lenha, além do acesso à água.

Brannstrom *et al.* (2017) alertam que impactos diretos e de restrição de acesso a ambientes ou recursos naturais utilizados por comunidades locais tendem a criar conflitos que podem se transformar em desafio político mais amplo para o desenvolvimento contínuo da energia eólica. A maioria dos projetos eólicos que fazem parte da expansão contratada serão instalados em municípios do interior da Bahia que já possuem outros parques eólicos em operação, alguns em locais onde há registro dos conflitos citados acima. Além disso, apesar de representar menor número, também são observados novos projetos eólicos para áreas litorâneas do Maranhão e do Ceará, em locais de dunas e com presença de lagoas interdunares, respectivamente. Por conta de possíveis interferências na dinâmica territorial e nos modos de vida de populações locais do litoral e do interior do Nordeste, o tema **Organização Territorial** também foi considerado relevante para a expansão eólica neste ciclo.

A Tabela 12 resume os temas socioambientais que foram considerados na Análise Integrada para a fonte.

Tabela 12- Síntese da análise socioambiental dos projetos eólicos do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 EÓLICA	Não há projetos planejados	   		Não há projetos planejados	Não há projetos planejados
Legenda  Fauna  Organização territorial  Paisagem  Vegetação nativa					

Quais os principais desafios socioambientais relacionados à expansão eólica?

O **aprofundamento do conhecimento relacionado às espécies de aves e morcegos** que habitam a região dos empreendimentos eólicos desde as etapas iniciais do seu desenvolvimento deve ser incentivado, como forma de subsidiar a **adoção das medidas mais adequadas** para **evitar, mitigar e compensar os impactos** comumente relacionados a esses projetos. Dentre as estratégias adotadas no contexto internacional, têm-se a parada programada dos aerogeradores para redução dos riscos de colisão, a instalação de radar para identificação de bandos de aves migratórias e o uso de ultrassom para afastar morcegos do entorno dos parques eólicos.



A redução do impacto visual ainda é um desafio para a fonte eólica, especialmente por conta da subjetividade associada à percepção humana sobre a **qualidade estética de paisagens**. Além disso, a expansão da fonte somada aos parques eólicos já existentes em localidades da região do semiárido nordestino tem despertado a atenção sobre os possíveis **efeitos cumulativos e sinérgicos** associados a esses empreendimentos. Sobre esse aspecto, já há preocupações quanto à perda de habitats usados para nidificação pela avoante (*Zenaida auriculata*), espécie de ave migratória, em áreas da Caatinga em decorrência da supressão de vegetação provocada pela instalação de vários parques eólicos no semiárido do Rio Grande do Norte (Santos e Miller, 2018). A baixa capacidade de regeneração da vegetação xerófila, quando comparada aos demais tipos vegetacionais, é fator que amplia os desafios relacionados à gestão ambiental dos impactos causados por projetos eólicos instalados nessas localidades.

Em relação ao meio socioeconômico, a necessidade do desenho de **políticas de sustentabilidade que respeitem o local e suas comunidades** é apontado por Meireles *et al.* (2013) como forma de estabelecer boa relação de convivência entre o empreendimento e as comunidades locais. Além das questões relacionadas a dificuldade ao acesso aos recursos para subsistência, tais políticas devem considerar também preocupações relacionadas aos ruídos gerados pelos aerogeradores, em especial na fase de operação, e à acessibilidade ao serviço de eletrificação. Nesse sentido, o desenvolvimento de **estratégias de comunicação e participação social** desde as etapas iniciais de planejamento desses projetos pelos empreendedores junto às comunidades locais deve ser percebida como forma de reduzir assimetrias de poder e de promover relação de transparência com a população local, especialmente nos municípios que já possuem algum parque eólico em operação.

Além disso, a poluição sonora continua sendo apontada como um dos impactos locais dessa tipologia de empreendimento (Brannstrom *et al.*, 2017), mesmo considerando a evolução observada na tecnologia e design dos motores (Sacramento *et al.*, 2013). Embora o atendimento à Resolução Conama nº 462/2014 tenda a evitar ou minimizar essa interferência estabelecendo detalhamento dos índices de ruídos para empreendimentos instalados a menos de 400 m de distância de residências, o setor deve buscar novas estratégias para a mitigação desse impacto visando estabelecer o **conforto acústico das comunidades** localizadas no entorno de parques eólicos,

posto que o ruído emitido pelas turbinas pode se propagar para além da distância estabelecida (Rodriguez, 2019).

Quais as iniciativas para a gestão dos desafios da expansão eólica?

No contexto do impacto visual, convém destacar o surgimento de iniciativas governamentais relacionadas à gestão territorial começando a ser instituídas no Brasil com o intuito de evitar o impacto visual causado por parques eólicos e eventuais empecilhos à expansão turística em áreas costeiras. Como exemplo, tem-se a iniciativa do município de São Miguel do Gostoso, localizado no Rio Grande do Norte, que sancionou a Lei Municipal nº 255/2014, que limita em 2 km, a partir da linha preamar, a distância para implantação de aerogeradores e outras estruturas com altura superior a 50 metros de altura. A medida permanece válida até que venha a ser realizado o Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico do município. Outra iniciativa que merece destaque, tem sido a realização de **análises de intervisibilidade** para projetos eólicos no âmbito do licenciamento ambiental praticado no Brasil e possui potencial de fornecer subsídios para a avaliação do impacto causado por esses projetos principalmente em áreas que possuem vocação turística (Siefert e Santos, 2016). Além de favorecer a proposição de formas adequadas para a mitigação do impacto, o uso dessa ferramenta pode auxiliar os empreendedores na comunicação sobre os impactos causados pelo projeto com as partes interessadas.

A instalação de projetos eólicos em algumas localidades da região Nordeste tem figurado como oportunidade para que empreendedores desenvolvam ações de **responsabilidade social corporativa** que levem benefícios para as comunidades que vivem no entorno desses projetos. O financiamento concedido pelo BNDES para a implantação de projetos eólicos, por exemplo, possibilita acesso a recursos financeiros do Subcrédito Social, instrumento utilizado pelo banco para estimular que as empresas desenvolvam projetos sustentáveis e alinhados a políticas públicas de geração de emprego e renda, educação e saúde, gerando grande número de beneficiários indiretos desses projetos (BNDES, 2018). Experiências bem sucedidas relativas à implementação desses programas normalmente estão relacionadas ao delineamento de ações efetivas de engajamento das partes interessadas, incluindo moradores das comunidades locais e representantes governamentais, desde a sua concepção até a sua implementação e monitoramento (Culhari e Serejo, 2018).

Adicionalmente, tem-se observado como tendência a incorporação das **políticas de salvaguardas socioambientais e de sustentabilidade** comumente difundidas por alguns bancos que participam do financiamento de projetos eólicos no Brasil. A adoção de tais políticas no decorrer do desenvolvimento de determinados empreendimentos eólicos tem possibilitado não somente a ampliação das formas de mitigação dos impactos ambientais por eles causados, mas também a redução de riscos para o empreendedor (p.ex., de atrasos no cronograma das obras e de aplicação de eventuais multas ao projeto). Nesse contexto, as principais ações referem-se à realização de ajustes locais dos aerogeradores para evitar áreas ambientalmente sensíveis (p.ex., áreas de preservação permanente) e habitats críticos para algumas espécies (como é o caso de dunas e mangues) ou aquelas de uso coletivo por comunidades locais, com o estabelecimento de um Plano de Comunicação com a comunidade desde as etapas iniciais do projeto, em prol do engajamento das partes interessadas visando o desenvolvimento participativo de programas e projetos sociais relacionados ao empreendimento (Mazzola e Marques, 2017).

Indicadores socioambientais da expansão eólica

Os principais indicadores socioambientais da geração eólica selecionados foram: área ocupada pelos parques eólicos, sobreposição com áreas legalmente protegidas e número de vagas de empregos diretos gerados (Tabela 13). Considerando o índice de 0,18 km²/MW estabelecido por Conde (2013), a área ocupada pelos parques eólicos está estimada em aproximadamente 4.399 km². Dos 130 parques eólicos previstos nos primeiros anos do horizonte decenal, nove irão interferir em quatro Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável, todas Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Não há previsão de sobreposição com Terras Indígenas. Em termos de empregos, foi considerado o índice de 7,51 empregos gerados na implantação dos parques por MW de potência eólica instalada (Simas, 2012). Estima-se, com isso, que serão gerados mais de 183 mil empregos diretos no horizonte decenal.

Tabela 13 – Indicadores socioambientais da expansão eólica

INDICADORES AMBIENTAIS	
 Área total dos parques eólicos (km ²)	4.399
Área total dos parques eólicos/potência instalada (km ² /MW)	0,18 km ² /MW
Nº de parques eólicos com interferência em UC de uso sustentável	9 de 130 parques eólicos
INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
 Nº de parques eólicos com interferência direta em TI	Nenhum dos 130 parques eólicos
Empregos diretos (empregos/MW)	7,51
Empregos diretos gerados na construção	183 mil

4.6. Solar



Quais os principais benefícios das usinas fotovoltaicas?

A radiação solar, fonte de energia renovável e abundante, é convertida diretamente em eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos. Sua implantação **apresenta grande flexibilidade**, pois utiliza tecnologia modular. Além disso, **não emite poluentes e gases de efeito estufa durante a operação**, demanda tempo reduzido de instalação/manutenção e não gera ruído. O Brasil, comparativamente à média mundial, apresenta alto nível e baixa variabilidade de irradiação solar (INPE, 2017), o que torna o país atrativo para investimentos no setor. Destaca-se a importância social e econômica do desenvolvimento de uma nova cadeia de valor²⁰ na indústria nacional para atender a expansão dessa fonte.



²⁰ A cadeia de valor solar fotovoltaica compreende a cadeia produtiva (fabricantes e fornecedores de bens – equipamentos, componentes e materiais), além de todos os serviços relacionados ao segmento, como por exemplo: associações, agentes financiadores, instituições de

Outro benefício socioambiental relevante é a **geração de empregos**, cuja abrangência pode ser tanto local (fases de construção e operação), quanto nacional (considerando toda a cadeia da indústria). Adicionalmente, a implantação desses empreendimentos poderá gerar o **aumento na receita** por meio da aquisição ou arrendamento de terras, o incremento de alguns segmentos da economia (comércio e serviços) e a ampliação da arrecadação de impostos.



Os benefícios sobre emprego e renda serão potencializados porque grande parte dos municípios que estão recebendo as plantas fotovoltaicas se localiza dentro do semiárido brasileiro, área mais seca do país, que abriga quase 27 milhões de pessoas, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver (ICMBio, 2019). Nessa região, 91% dos empreendimentos estão localizados em municípios com até 90 mil habitantes.

Ressalta-se que dentre as renováveis, a indústria solar fotovoltaica foi a maior empregadora no mundo entre os anos de 2016-2017²¹, conforme o documento *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2018*, da Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA).

Como é o parque solar fotovoltaico atual?

No Brasil, atualmente, há **72 usinas solares fotovoltaicas** em operação dentro do sistema de geração centralizada, as quais estão localizadas nos seguintes estados: Bahia (652 MW), Minas Gerais (515 MW), Piauí (270 MW), Ceará (213 MW), São Paulo (150 MW), Rio Grande do Norte (116 MW), Paraíba (108 MW), Pernambuco (29 MW) e Tocantins (5 MW). Esses empreendimentos totalizam **cerca de 2 GW**, tendo a região Nordeste aproximadamente 68% dos empreendimentos em operação²².



Como será a expansão solar fotovoltaica nos próximos 10 anos?

Globalmente, nos próximos cinco anos a energia solar deverá liderar o crescimento da geração elétrica renovável, com expansão aproximada de 580 GW (IEA, 2018). Está prevista no horizonte decenal a expansão de **8.442 MW de energia solar fotovoltaica**. Desse total, 1.442 MW (52 empreendimentos) representam a expansão contratada para os três primeiros anos do horizonte. Cerca de 45 projetos, que respondem por 77% dessa potência (1.103,5 MW), estão localizados na região Nordeste. Na região Sudeste, 13 usinas representam os 23% restantes (336,5 MW) (Figura 1). Observa-se que, em geral, a concentração das usinas fotovoltaicas ocorre nas áreas de maior

ensino e pesquisa, empresas de consultoria e engenharia, distribuição de equipamentos, desenvolvimento de projetos, entre outros (SEBRAE, 2018).

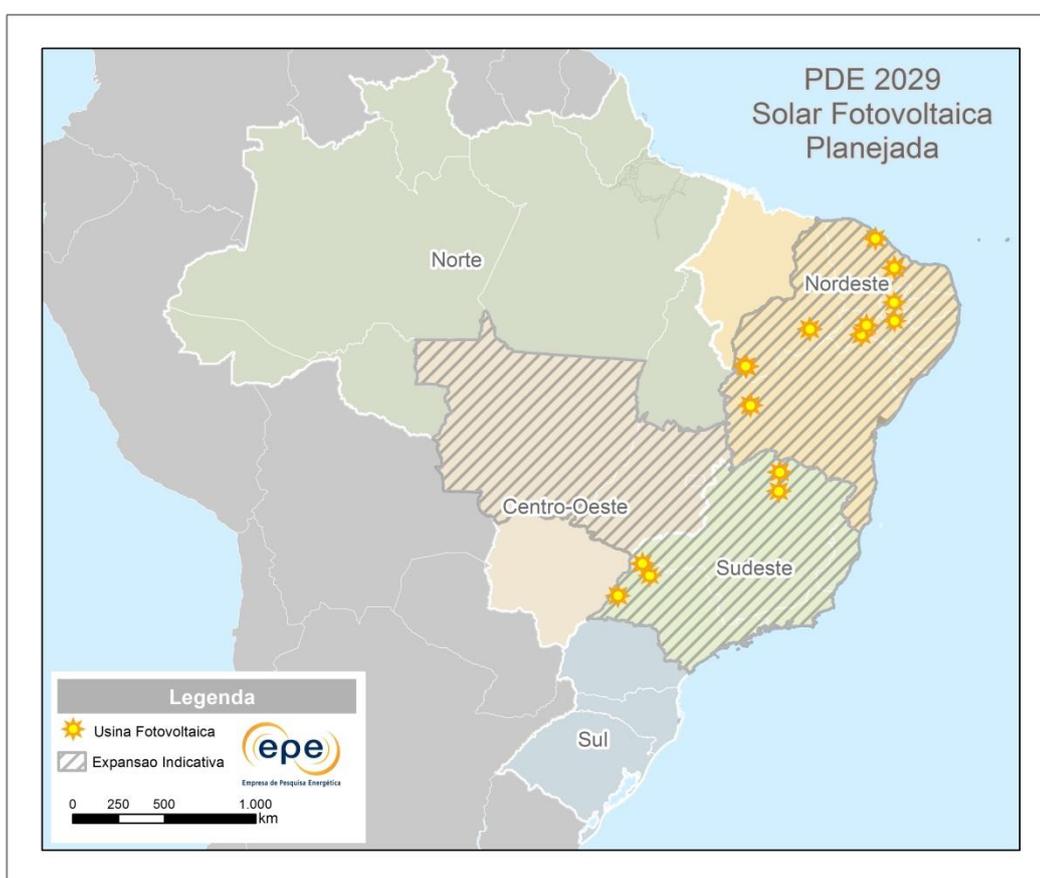
²¹ Este indicador inclui empregos diretos e indiretos para toda a indústria solar fotovoltaica.

²² É importante ressaltar que esses números não contemplam os micro e minigeradores (Resolução Normativa Aneel 482/2012). As informações foram coletadas no Banco de Informações da Geração da Aneel em 15/07/2019 (ANEEL, 2019).

incidência de Irradiação Global Horizontal²³ (IGH). Já para o período indicativo do Plano para a fonte estão previstos 7.000 MW nos últimos sete anos do horizonte decenal (2023 a 2029), sendo **80% no subsistema Nordeste e 20% no subsistema Sudeste e Centro-Oeste**.

Levando-se em conta o total de empreendimentos contratados considerados neste Plano, os estados que mais se destacam, em número de usinas fotovoltaicas, são Piauí e Ceará (cada um com 14 UFVs). A instalação dos parques já contratados se dará, majoritariamente, em **locais afastados dos grandes núcleos urbanos**, geralmente no meio rural e próximo a cidades de pequeno porte. Para a expansão indicativa estima-se que essa tendência se mantenha. A média de população dos municípios onde serão construídas as usinas fotovoltaicas contratadas é de cerca de 36 mil habitantes²⁴ (IBGE, 2019).

Figura 16 – Localização da expansão solar fotovoltaica planejada no PDE 2029



Nota: Devido à escala do mapa, os pontos em cor amarela podem representar mais de um empreendimento fotovoltaico.

As oportunidades de expansão da energia fotovoltaica também ocorrerão com o processo de hibridização entre fontes distintas, como, por exemplo, usinas fotovoltaicas instaladas em parques eólicos, associadas à geração térmica ou mesmo em reservatório de UHEs, compartilhando, principalmente, logística e infraestrutura e alcançando ganhos de eficiência.

²³ As áreas de maior incidência de IGH estão localizadas, principalmente, no interior da Bahia e na parte central da região Nordeste. Além disso, situam-se em praticamente todo o Centro-Oeste, em grande parte do interior do Sudeste e em algumas áreas da região Norte (INPE, 2017).

²⁴ Este valor desconsidera os empreendimentos localizados no município de Fortaleza, pois o número de pessoas nesta localidade destoa significativamente do padrão observado para os demais municípios. A base de dados utilizada foi IBGE Cidades.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão solar fotovoltaica?

No Semiárido brasileiro, estão previstos cerca de 2/3 dos empreendimentos e nota-se que a área das usinas frequentemente se sobrepõe a **remanescentes de vegetação nativa** preservados da caatinga, bioma em avançado processo de desmatamento. Observa-se que 46% do bioma está desmatado, sendo um dos ecossistemas menos protegidos do país, em que pouco mais de 1% de seu território é delimitado por unidades de conservação do grupo de Proteção Integral (MMA, 2019). Dessa forma, a interferência sobre a vegetação nativa foi considerada tema relevante para a expansão da fonte na **região Nordeste** do país, conforme metodologia da análise socioambiental integrada do PDE 2029 (Tabela 14). Essa sinalização é importante principalmente por haver flexibilidade locacional para a fonte e ainda considerando a disponibilidade de áreas antropizadas na região.

Tabela 14 – Síntese da análise socioambiental da fonte solar do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Solar	Não há projetos planejados		Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas

Legenda



O **consumo de água** exige atenção dado que essas usinas estão localizadas, majoritariamente, em regiões que têm algum tipo de restrição desse recurso e/ou onde as condições ambientais impliquem na necessidade de limpeza dos painéis. A adoção de novos processos e tecnologias (reuso de água, limpeza por ar pressurizado, equipamentos robóticos e outros) poderá minimizar esse consumo.

Cumprе ressaltar que outros aspectos socioambientais são influenciados pelo contexto local, de forma que interferências específicas poderão ocorrer na implantação e operação dos empreendimentos fotovoltaicos. Os estudos ambientais, os Projetos Básicos Ambientais (PBAs) e as experiências na operação dos parques, que começaram a funcionar recentemente no país, poderão fornecer avaliações mais criteriosas e detalhadas sobre as interferências socioambientais.

Quais os principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão solar fotovoltaica?

A atuação conjunta dos órgãos de licenciamento ambiental, da sociedade civil e dos empreendedores do setor será fundamental para conciliar a **expansão da fonte com estratégias de conservação dos biomas**. Observa-se que algumas questões do licenciamento ainda estão em fase de consolidação, tais como os procedimentos normativos e administrativos, os prazos e a experiência das instituições sobre essa nova fonte de geração de energia. A construção de um marco regulatório de referência para o licenciamento ambiental dos empreendimentos, a exemplo da Resolução Conama 462/2014 para empreendimentos eólicos, pode ser positiva, pois estabeleceria critérios e procedimentos claros e padronizados (BRASIL, 2014).



Outro desafio se refere ao **descarte dos painéis** e demais componentes das plantas fotovoltaicas. Como as plantas começaram a operar recentemente no país, ainda não existe um histórico de descomissionamento das usinas, já que o tempo médio de vida útil dos painéis fotovoltaicos é de 30 anos (IRENA, 2016). O Brasil, por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituiu a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, mas ainda não existe infraestrutura nacional de reciclagem especializada em painéis fotovoltaicos (BRASIL, 2010).

No âmbito do licenciamento ambiental, já é possível identificar licenças ambientais contendo condicionantes específicas para o tratamento desse tipo de impacto, tais como a exigência de que os programas de gestão ambiental dos empreendimentos contemplem a logística reversa aplicada às placas solares fotovoltaicas danificadas.

A Comunidade Européia tem sido pioneira na promoção do ciclo de vida sustentável dos componentes dos sistemas fotovoltaicos. As experiências de reciclagem internacionais já oferecem tecnologias capazes de recuperar a maior parte dos materiais desses sistemas²⁵ (IRENA, 2016).

A **qualificação da mão-de-obra** para atuar no setor também se caracteriza como um desafio, comprometendo a competitividade do país. Há iniciativas sendo executadas voltadas à formação e capacitação em diversos centros de ensino e pesquisa, majoritariamente em instituições públicas (SEBRAE, 2018). Instituições privadas e as escolas técnicas públicas também oferecem vários cursos de interesse do setor.

A implantação de usinas híbridas ainda está em estágio de desenvolvimento, de forma que será necessário aprimorar a regulação e o licenciamento ambiental desse tipo de arranjo.

Outros desafios podem surgir ao se levar em conta a cadeia de fabricação de sistemas fotovoltaicos. Os impactos socioambientais negativos associados à indústria de transformação e à extração mineral poderão se intensificar com a eventual formação de um parque industrial para a fabricação de células fotovoltaicas²⁶ no país, demandando adaptações na gestão ambiental.

Indicadores socioambientais da expansão solar fotovoltaica

Os indicadores socioambientais têm como base um banco que reúne dados dos estudos ambientais de todas as usinas solares fotovoltaicas contratadas em todos os leilões já realizados. Quanto aos indicadores ambientais, é apresentada a área ocupada pelas plantas fotovoltaicas por potência, que corresponde à média da área das plantas fotovoltaicas de todas as usinas já contratadas. O resultado aponta que a área média necessária para a produção de 1 MW é de 0,03 km² ou 3 hectares. O segundo indicador se refere à área total das plantas fotovoltaicas do horizonte decenal, que é calculado a partir da multiplicação da média das áreas de todas as usinas já contratadas (0,03 km²/MW) pela expansão prevista (8.442 MW). Constatou-se que as plantas fotovoltaicas ocuparão 251 km² de área no período considerado.

²⁵ A empresa VEOLIA, na França, anuncia uma taxa de reciclagem de 95% de painéis fotovoltaicos de silício cristalino: <https://www.veolia.com/en/newsroom/news/recycling-photovoltaic-panels-circular-economy-france> (acesso em 11/07/19).

²⁶ “Apesar de o país ter empresas produtoras de silício metalúrgico e montadoras de módulos, ainda não existem produtores de silício purificado até o grau solar, nem de alguns itens intermediários importantes da cadeia, pelo menos não em escala relevante para fazer frente ao investimento estimado para o segmento nos próximos anos” (SEBRAE, 2018).

No caso do indicador de empregos, é considerado apenas o número de empregos diretos gerados no pico das obras. Este indicador é resultado da multiplicação da média de empregos diretos gerados por potência de todos os empreendimentos já contratados (2,8 empregos/MW) pela expansão prevista no PDE 2029 (8.442 MW). A Tabela 15 apresenta os indicadores da expansão solar fotovoltaica.

Tabela 15 – Indicadores socioambientais da expansão da energia solar fotovoltaica



INDICADORES AMBIENTAIS	
Área das plantas fotovoltaicas por potência instalada (km ² /MW)	0,03 ¹
Área das plantas fotovoltaicas (km ²)	251



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras ²	23 mil

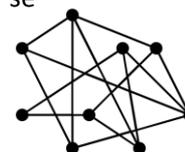
Nota: (1). Valor aproximado. (2). São considerados apenas os empregos diretos gerados no período de pico das obras.

4.7. Transmissão de Energia Elétrica



Quais os principais benefícios do sistema de transmissão?

O Sistema Interligado Nacional – SIN possui uma extensa malha de linhas de transmissão chamada Rede Básica (LTs com tensão igual ou superior a 230 kV), que conecta o parque gerador aos centros de consumo. Por interligar as usinas hidrelétricas, fonte de maior capacidade instalada de geração de energia elétrica no país, possibilita a otimização dessa geração a partir de um gerenciamento baseado na diferença entre os regimes hidrológicos das bacias hidrográficas, que se complementam ao longo do ano. Dessa forma, o sistema de transmissão viabiliza uma **gestão do despacho de geração** que considera o armazenamento de água no conjunto dos reservatórios das usinas hidrelétricas, proporcionando ganhos significativos na geração de energia para o país.



Outro benefício do sistema de transmissão é **possibilitar o aproveitamento do grande potencial de geração eólica e solar localizado longe dos centros de carga**, favorecendo o aumento da participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira. Segundo a Aneel (2019), a geração eólica é responsável por mais de 15 GW (aproximadamente 9%) da capacidade instalada atual, e tem previsão de mais 24 GW até 2029. A fotovoltaica, por sua vez, tem capacidade instalada de 2 GW e previsão de 8,5 GW até o fim do horizonte decenal. Toda essa expansão configura um cenário que demanda soluções robustas na Rede Básica para o escoamento dessa produção.

Outra função importante das LTs é prover **segurança e confiabilidade ao SIN**, garantindo que mesmo em eventos de perda de elementos da rede básica o sistema seja capaz de suportar o atendimento à carga sem interrupção.

Como é o sistema de transmissão de energia elétrica atual?

O Brasil possui atualmente uma extensão de **147.629 km de linhas de transmissão**, considerando as linhas em operação da Rede Básica, conexões de usinas, interligações internacionais e 190 km instalados no sistema de Roraima (MME, 2019). A maior parte dessas linhas está conectada ao SIN, que é responsável por quase todo o suprimento energético do país. O restante faz parte dos sistemas isolados, localizados principalmente na região Norte do país.



Como será a expansão da transmissão nos próximos 10 anos?

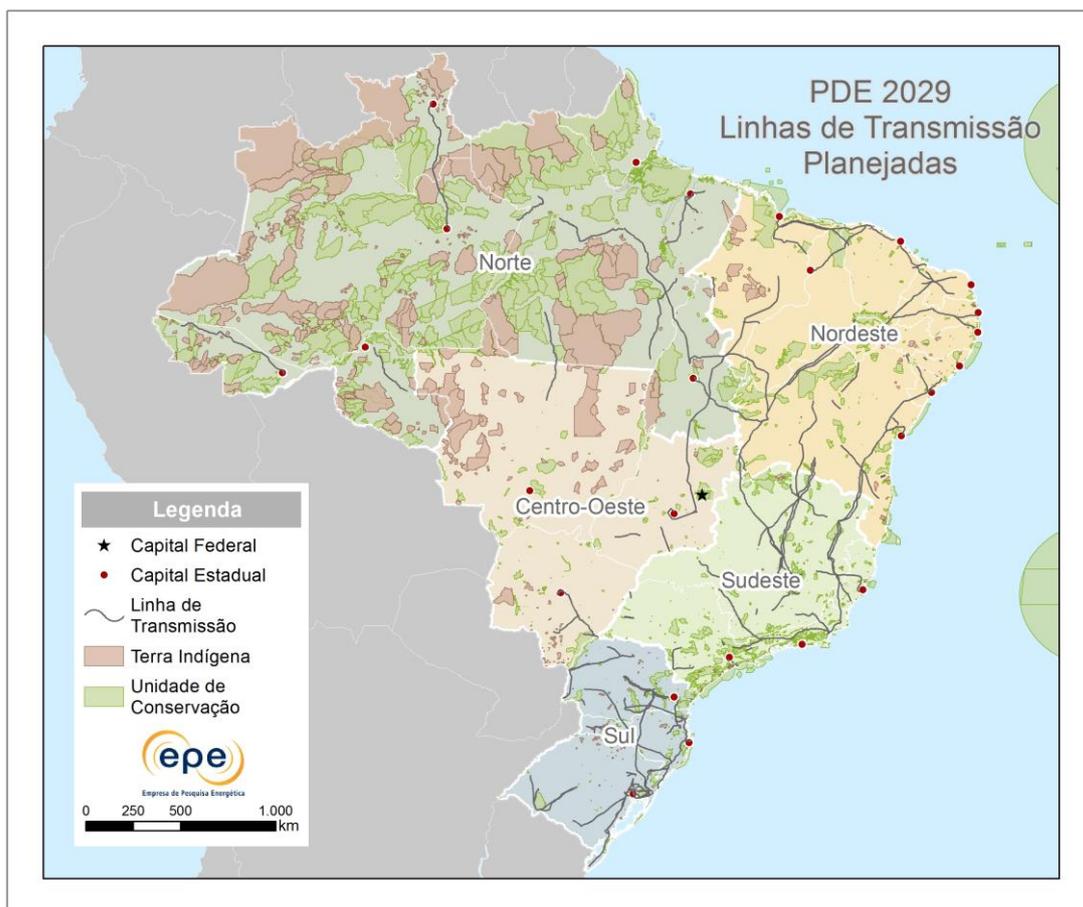
A expansão da transmissão para os próximos 10 anos prevê a implantação de **48.998 km**, ou seja, uma expansão de 33% na extensão do sistema. Desse total, 31.795 km (aproximadamente 65%) estão previstos para entrar em operação até 2024, ou seja, no primeiro quinquênio do horizonte decenal. A análise socioambiental neste PDE 2029 considerou o conjunto de LTs da Rede Básica previstas pelos estudos da expansão do sistema elétrico, destacando-se os aspectos socioambientais mais relevantes desse conjunto de LTs, conforme sua localização no território nacional. Em razão da escala de análise, não foram considerados os seccionamentos planejados nas proximidades das subestações, tampouco os projetos de recapacitação e recondutoramento. Para as LTs em circuito duplo e os bipolos de corrente contínua contabilizou-se apenas um único circuito ou polo. Além disso, há empreendimentos no fim do horizonte (indicativo) cujos estudos de planejamento não foram iniciados, não havendo representação espacial dos mesmos. Partindo dessas premissas, **o universo considerado na análise socioambiental corresponde a 412 linhas (34.975 km de extensão)**.

Importa destacar que o conjunto de LTs planejadas para o próximo decênio apresenta empreendimentos em diferentes etapas do planejamento, muitos dos quais ainda nas fases iniciais dos estudos, não possuindo uma configuração locacional precisa. Contudo, ressalta-se que desde o início da concepção desses empreendimentos procura-se desviar das áreas mais complexas do ponto de vista socioambiental, evitando, dessa forma, impactos socioambientais significativos. No conjunto de empreendimentos planejados, mais de 70% está na etapa de Relatório R3 (Definição da Diretriz de Traçado e Análise Socioambiental) ou DUP (Declaração de Utilidade Pública).

A configuração do sistema de transmissão nacional em planejamento abrange linhas de transmissão situadas nos diversos subsistemas regionais e as importantes interligações necessárias para a complementariedade entre regiões e a otimização do SIN.

A Figura 17 apresenta a configuração de referência para o sistema de transmissão planejado e sua distribuição nas diferentes regiões do território nacional, bem como as terras indígenas e as unidades de conservação.

Figura 17- Linhas de transmissão previstas no PDE 2029 e áreas legalmente protegidas



A Tabela 16 mostra a distribuição das LTs planejadas no PDE 2029 considerando a extensão por região geográfica.

Tabela 16 - Extensão das linhas de transmissão por região

EXTENSÃO DAS LTS POR REGIÃO (KM)					TOTAL (KM)
NORTE	NORDESTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL	
6.748	9.824	1.937	7.551	8.915	34.975

Nesse cenário, observamos a expansão da Rede Básica ocorrendo a partir da região Norte para o escoamento da energia gerada pela UHE Belo Monte, para a interligação Manaus – Boa Vista e para integrar os principais centros urbanos do Acre ao SIN. Destacam-se, também, na região Norte, o atendimento a Rio Branco e às regiões metropolitanas de Belém e Manaus, o reforço à região de Novo Progresso e de Santana do Araguaia no Pará e o escoamento do potencial de geração fotovoltaica e hidráulica da região de Dianópolis (TO).

No Nordeste do país, a expansão da rede de transmissão é planejada, sobretudo, para o escoamento do potencial de energia eólica, térmica, potencial fotovoltaico do Seridó e atendimento às regiões metropolitanas de Aracaju, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Salvador e São Luís.

No Centro-Oeste, além do reforço no sistema Acre-Rondônia e Mato Grosso para escoar as máquinas adicionais da UHE Santo Antônio, destacam-se também as obras de reforço para atendimento à região central dos estados de Mato Grosso do Sul (Campo Grande e Dourados) e Goiás, e o bipolo para escoamento de excedentes de energia da região Nordeste.

No Sudeste, as linhas destinam-se principalmente para o reforço ao subsistema, visando ao aumento da confiabilidade em decorrência do incremento das cargas e, também, para escoar a energia das usinas termelétricas do norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e das usinas eólicas e solares das regiões norte e noroeste de Minas Gerais.

Na região Sul têm destaque as LTs para escoamento da energia gerada em parques eólicos, reforço ao subsistema, atendimento à região serrana do Rio Grande do Sul, à região norte e o Vale do Itajaí em Santa Catarina e às regiões metropolitanas de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão da transmissão?

As principais interferências socioambientais da expansão da transmissão variam entre as regiões devido à heterogeneidade da distribuição espacial no território nacional. Além das áreas protegidas (unidades de conservação, terras indígenas e territórios quilombolas) e assentamentos do Incra, que apresentam limites bem definidos para a estimativa das interferências, o uso e ocupação do solo é outro importante fator nas análises socioambientais, uma vez que engloba áreas sensíveis como, por exemplo, áreas cobertas com vegetação nativa e as áreas urbanas e periurbanas, que demandam medidas para mitigação dos possíveis impactos socioambientais na construção e operação do empreendimento.

As informações relativas à extensão das LTs planejadas no horizonte decenal que incidem em unidade de conservação (UC), terra indígena (TI), território quilombola (TQ) e assentamento do Incra, por região geográfica são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Extensão das linhas de transmissão planejadas em áreas com restrição socioambiental

TIPO DE ÁREA ATRAVESSADA	EXTENSÃO DAS LTS POR REGIÃO (KM)					TOTAL (KM)
	NORTE	NORDESTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL	
UC proteção integral	0	0	0	9	4	13
UC uso sustentável	76	477	118	441	216	1.328
Terra indígena	122	6	0	0	20	148
Território quilombola	0	0	0	0	0	0
Assentamento do Incra	1.152	379	83	44	28	1.686

NOTA: Indicadores estimados a partir de: FUNAI, 2019; Incra, 2019a; INCRA 2019b; MMA, 2019.

Na região Norte, a vegetação nativa é um tema relevante, haja vista a predominância de extensas áreas com vegetação preservada. Quando possível, os traçados das linhas são planejados em paralelo às rodovias e ou linhas existentes para evitar interferências. No entanto, a precária ou nenhuma infraestrutura viária em algumas áreas na região Norte torna necessária a abertura de acessos para construção da linha o que aumenta significativamente as interferências na vegetação nativa.

Em relação ao tema **povos e terras indígenas**, apesar dos traçados das linhas serem planejados para desviar das terras indígenas e ou manter o afastamento mínimo, na região Norte há uma sobreposição de linha em TI (LT Lechuga – Equador); enquanto outras quatro linhas passam a menos de 8 km de distância de TIs. De acordo com a Portaria Interministerial nº 60/2015²⁷, os limites de distâncias das TIs – 8 km na Amazônia Legal e 5 km nas demais regiões – são considerados como referência para a realização ou não, no âmbito do licenciamento ambiental, de estudo específico sobre as comunidades indígenas (Estudo do Componente Indígena – ECI). O tema foi considerado relevante para a região Norte diante da **complexidade envolvida no processo de licenciamento** e de interação com as comunidades indígenas, exigindo esforços adicionais de gestão.

A **organização territorial também se destaca na região Norte em razão da grande quantidade de projetos de assentamento do Incra**, que se dispõem, muitas vezes, contíguos uns aos outros, formando aglomerados intercalados com terras indígenas e unidades de conservação. Como a maioria dos assentamentos na região estão localizados ao longo das rodovias, ao se buscar o desvio das áreas protegidas, de vegetação nativa preservada e de proximidade com acessos viários, os assentamentos são inevitavelmente atravessados pelas LTs.

Na região Nordeste, destaca-se o tema comunidades quilombolas devido ao elevado número de territórios quilombolas. A falta de dados georreferenciados em relação à localização dessas comunidades e o número inexpressivo de titulações realizadas (Comissão Pró-Índio, 2019) dificulta a análise aprofundada do tema na fase de planejamento. Por outro lado, essa questão é frequentemente abordada nos processos de licenciamento ambiental das linhas de transmissão localizadas no Nordeste, sobretudo na Bahia e no Maranhão, estados que possuem maior número de comunidades remanescentes de quilombos certificadas pela Fundação Cultural Palmares. A base de dados utilizada para a presente análise é o mapa dos territórios quilombolas identificados a partir

²⁷ Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

dos Relatórios Técnicos de Identificação e Delimitação (RTID), que apresenta um total de 424 áreas, número muito inferior às 3.383 comunidades remanescentes de quilombos reconhecidas pela Fundação Cultural Palmares, das quais aproximadamente 2.183 estão localizadas na região Nordeste (FCP, 2019).

Assim como na região Norte, a **vegetação nativa também é um tema que se sobressai no Nordeste**, em decorrência da deficiente malha viária no interior da região, o que implica em maiores interferências em remanescentes de Caatinga, e também, em remanescentes de Mata Atlântica, seja para o escoamento das eólicas ou para o atendimento às regiões metropolitanas.

Na região Nordeste, embora o tema unidades de conservação não tenha sido considerado como relevante, são observadas interferências em unidades de conservação de uso sustentável, sobretudo nas Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Convém ressaltar que, na etapa de planejamento, os traçados das LTs atravessam essas APAs quando o desvio implica aumento substancial da extensão ou diante de outros fatores limitantes, como a presença de áreas urbanas. Conforme o Art. 10 do Decreto 7.154/10 (Brasil, 2010), a autorização para implantação de linha de transmissão em UC de uso sustentável poderá ser expedida desde que seja compatível com os objetivos estabelecidos em lei para o tipo de unidade de uso sustentável onde se pretende instalá-la.

Embora o tema povos e terras indígenas não tenha sido considerado relevante na região Nordeste, a LT Paulo Afonso IV – Luiz Gonzaga C2 tem previsão de sobreposição na TI Fazenda Cristo Rei. No entanto, essa LT obteve Declaração de Utilidade Pública – DUP (Aneel, 2017) quando essa TI ainda não possuía área delimitada. Segundo dados da FUNAI (2019), essa TI está em fase de Reserva Indígena (RI), que são áreas que se encontram em procedimento administrativo visando sua aquisição (compra direta, desapropriação ou doação). Vale ressaltar que, em 2019, esse empreendimento obteve a Licença de Instalação e nas condicionantes foi solicitada a implementação de medidas de mitigação e compensação dos impactos ambientais identificados nos estudos e na solicitação da Funai.

No Centro-Oeste, devido à posição geográfica centralizada da região, passarão os empreendimentos de transmissão planejados para o reforço do intercâmbio elétrico entre as regiões Norte e Sudeste e à região de Novo Progresso (no Pará), e atendimento à região central de Mato Grosso do Sul e ao estado de Goiás. No horizonte decenal, as LTs planejadas na região não atingem TIs e UCs de proteção integral e é onde há menor incidência em UC de uso sustentável. Não obstante a extensão de LTs planejadas atravessando áreas de agricultura e de pastagem no Centro-Oeste, considera-se, na presente análise da expansão decenal, que as interferências socioambientais são inexpressivas no contexto geral da região.

Na região Sudeste, destaca-se o tema vegetação nativa, particularmente a interferência da expansão da transmissão em remanescentes de Mata Atlântica. Esse tema foi considerado importante na região, diante das ameaças ao bioma, que de forma geral apresenta paisagem fragmentada, com poucas áreas cobertas por vegetação nativa. Nesse contexto, vale citar que, devido à sua importância, os remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica são protegidos por legislação específica (Lei nº 11.428/06 regulamentada pelo Decreto nº 6.660/08). Adicionalmente, devido à presença de relevo montanhoso na região Sudeste, ressalta-se a interferência em áreas de topo de morro, onde a vegetação é fundamental para a retenção de água e a estabilização do solo.

Outro tema com destaque na região Sudeste é a **interferência das LTs planejadas na paisagem**, tanto em áreas de beleza cênica natural, como as Serras do Mar e da Mantiqueira, quanto em áreas urbanas e de expansão urbana.



Quanto às interferências das LTs planejadas em UCs, na região Sudeste as maiores interferências ocorrem em APAs, sendo que algumas dessas unidades se apresentam antropizadas, principalmente as que compreendem grandes áreas urbanas. Na expansão planejada ainda se observa um cruzamento de uma linha em uma UC de proteção integral. Essa interferência foi inevitável devido à proximidade com áreas urbanas, das quais o desvio foi entendido como prioritário. O grupo de proteção integral tem maior grau de restrição de uso de seus recursos e são esperadas tratativas mais complexas para viabilizar a implantação de tais linhas.

Na região Sul, destaca-se o tema interferência em áreas com vegetação nativa, com a expansão das linhas de transmissão que se estendem por remanescentes bem preservados, principalmente de Mata Atlântica, particularmente importantes diante das ameaças ao bioma. Se por um lado medidas como alteamento de torres amenizam o impacto das linhas nessas áreas, por outro lado há maior necessidade de supressão de vegetação para abertura de acessos, diante da precária acessibilidade, sobretudo na região serrana.



Outro tema que merece destaque na região Sul é a **interferência das LTs na paisagem**, tanto para as áreas de relevante beleza cênica, principalmente na Serra Geral, quanto para a paisagem urbana, em especial quanto às linhas localizadas em áreas de expansão na Região Metropolitana de Porto Alegre e para o Vale do Itajaí, em Santa Catarina.

O tema unidades de conservação não foi considerado relevante na região Sul, já que as maiores interferências das LTs planejadas ocorrem em APAs, UCs de uso sustentável. Há necessidade de cruzamento de algumas dessas UCs, devido à proximidade com áreas urbanas, principalmente para atendimento às regiões metropolitanas de Porto Alegre e Curitiba. Três linhas planejadas cruzam UCs de proteção integral, sendo que uma delas encontra-se em fase inicial de planejamento (Relatório R1 - Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental) e trata-se de um eixo de corredor de estudo com 20 km de largura, havendo espaço para desvio na fase de definição do traçado. As outras duas LTs encontram-se nas etapas de Relatório R3 e DUP. Convém ressaltar que o traçado da LT 525 kV Povo Novo - Marmeleiro 2 C2, que está na fase de DUP, cruza a Estação Ecológica (Esec) do Taim, cuja área foi ampliada em 2017. O Decreto s/n, de 05 de junho de 2017 (ICMBio, 2017), que ampliou essa Esec, excluiu do seu limite as faixas de servidão dos circuitos 1 e 2 da LT 525 KV Povo Novo – Marmeleiro - Santa Vitória do Palmar e da Linha de Transmissão 138 kV Quinta - Marmeleiro - Santa Vitória do Palmar.

Na região Sul, duas LTs têm previsão de sobreposição na TI Tekoha Guasú Guavirá, segundo o traçado da DUP. No entanto, na etapa de licenciamento ambiental, uma dessas LTs teve o traçado alterado em decorrência da demarcação dessa TI em 2018.

Resumidamente, no âmbito deste PDE, destacam-se as interferências em **vegetação nativa** em todas as regiões, exceto no Centro-Oeste, dada a magnitude da expansão. As interferências em **paisagens** têm maior importância nas regiões Sudeste e Sul, devido às interferências em regiões serranas e em paisagens urbanizadas. A **organização territorial** é relevante no Norte devido aos

possíveis conflitos pelo uso e ocupação do solo em função do efeito acumulativo das interferências em assentamentos rurais. A grande quantidade de **comunidades quilombolas** e a falta de dados georreferenciados dos respectivos territórios fazem esse tema ser relevante na região Nordeste. Por fim, a interferência direta de uma LT em TI e a proximidade com outras tornam o tema **povos e terras indígenas** relevante na expansão do sistema de transmissão na região Norte.

A Tabela 18 apresenta a matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2029 para a transmissão de energia elétrica. Nela estão dispostos, por região, os temas socioambientais considerados relevantes para a expansão prevista.

Tabela 18 – Síntese da análise socioambiental das linhas de transmissão do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Transmissão					 Interferências inexpressivas
Legenda	 Comunidades quilombolas  Organização territorial  Paisagem  Povos e terras indígenas  Vegetação nativa				

Notas: (1) A expressão “Interferências inexpressivas” significa que, apesar dos impactos existirem, não são tão expressivos diante da expansão e das sensibilidades regionais, não sendo identificados temas socioambientais relevantes.

Quais os principais desafios socioambientais relacionados à expansão da transmissão?

A expansão da transmissão trouxe novos desafios, que ao serem enfrentados levaram ao constante aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias e procedimentos que visam mitigar os impactos socioambientais de LTs. A depender das medidas, elas são adotadas tanto nas fases de planejamento e projeto, quanto no licenciamento ambiental, e nas atividades de construção e manutenção.

Nesse decênio, a expansão do sistema para atender o aumento da carga em áreas metropolitanas em todas as regiões brasileiras traz o desafio da **ampliação da rede em áreas urbanas e periurbanas**, onde a disponibilidade de espaço para inserção de novos empreendimentos é, muitas vezes, limitada. Adiciona-se a isso as alterações na paisagem local provocada pelas torres, podendo levar a maior resistência por parte da população local e ao consequente atraso nas obras.

Em alguns casos, a adoção de dois circuitos simples com afastamento tem sido planejada com objetivo de atender a critérios de segurança do SIN, visando aumento da confiabilidade do sistema. Todavia essa alternativa resulta no aumento de interferências socioambientais comparativamente à adoção de um circuito duplo. Nesse contexto, o desafio reside na **conciliação entre a segurança do sistema e a minimização de impactos socioambientais**.

Há também casos em que, ao atravessarem regiões isoladas, as LTs cruzam áreas preservadas ou fragmentos florestais íntegros. Nesses casos, é exigido que o planejamento e a implantação desses empreendimentos busquem a otimização visando minimizar a supressão de vegetação.

Outro desafio são as **travessias de grandes corpos d’água**, principalmente na região Norte, que demandam soluções que garantam a navegabilidade dos mesmos.

Quais as iniciativas para a gestão dos desafios da expansão da transmissão?

Com intuito de mitigar o impacto na vegetação, os órgãos licenciadores têm exigido que a supressão vegetal se dê que apenas na faixa de serviço para lançamento dos cabos. Aliado a isso, a **adoção de torres alteadas** permite a recomposição da vegetação após a implantação do empreendimento. No âmbito do planejamento, as alternativas de rotas de linhas de transmissão têm sido cada vez mais criteriosas, buscando o desvio de áreas de vegetação nativa e proximidade com acessos existentes, sempre que possível.

Em circunstâncias especiais, tais como em áreas com florestas preservadas com difícil acesso e ou desprovidas de acesso, têm sido utilizados helicópteros no transporte e montagem de torres, no lançamento de cabos e na manutenção da linha, permitindo que na fase de operação só reste suprimida a vegetação na base das torres.

Em relação à dificuldade de implantação de LTs em áreas urbanas e periurbanas, tem se optado, nas fases de planejamento e projeto, pelo uso de **subestações e torres compactas**, que ocupam menor área. Em regiões mais adensadas, têm sido recomendadas **linhas de transmissão subterrâneas**, que mitigam as interferências na paisagem e no uso e ocupação do solo. Essa alternativa possui custo consideravelmente superior ao das LTs aéreas, razão pela qual ainda não é amplamente disseminada.

Outra questão que tem sido abordada nos processos de licenciamento é a interferência em avifauna. Para reduzi-la, tem sido solicitada, em locais com maior ocorrência de aves, a instalação de **senalizadores anticolisão** nos cabos para-raios das linha de transmissão e instalação de **plataformas de nidificação** e ou **mecanismos anti-pouso** sobre as estruturas das torres.

Vale mencionar a iniciativa de intensificar a **articulação entre as instituições** responsáveis pelo planejamento de linhas de transmissão e os órgãos ambientais e demais instituições envolvidas no processo de licenciamento ambiental. Essa articulação, principalmente nas etapas iniciais do planejamento (relatórios R1 e R3), permite que questões específicas consideradas relevantes sejam incorporadas aos estudos, contribuindo tanto para a escolha da solução elétrica como para a definição de traçados de linhas de transmissão mais viáveis do ponto de vista socioambiental.



Nesse sentido, em 2018 foi realizado o Workshop “Integração de conhecimento sobre planejamento, regulação setorial e licenciamento ambiental federal de sistemas de transmissão de energia”, que contou com a participação de representantes da Aneel, EPE, Ibama, MME e ONS com o objetivo de aprimorar o planejamento e o licenciamento ambiental dos Sistemas de Transmissão de Energia.

Uma das medidas acordadas no evento foi a elaboração, pela EPE e ONS, de critérios para definição de linhas de transmissão em circuito duplo ou em dois circuitos simples, tema recorrente no planejamento e no licenciamento ambiental da transmissão. Essas e outras medidas derivadas daquele evento tendem a resultar em **empreendimentos mais otimizados** do ponto de vista socioambiental e em maior previsibilidade nos licenciamentos, o que, em última análise, minimiza riscos para o empreendedor e riscos de atraso na entrada em operação das instalações planejadas.

Indicadores socioambientais da expansão da transmissão

Os indicadores buscam mostrar as interferências das linhas de transmissão a partir de seus cruzamentos e ou proximidade com áreas protegidas e assentamentos rurais. Além disso, é estimado o número de empregos diretos gerados, cujo cálculo é em função da extensão total das linhas de transmissão considerada na análise socioambiental (34.975 km). Para cada km de linha, estima-se a geração de três empregos diretos na fase de construção.

Tabela 19 – Indicadores socioambientais da expansão da transmissão de energia elétrica

INDICADORES AMBIENTAIS	
Extensão total das LTs (km)	34.975
Extensão total da incidência de LTs em UC de proteção integral (km)	13
Extensão total da incidência de LTs em UC de uso sustentável (km)	1.328
INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Extensão total da incidência de LTs em assentamentos do Incra (km)	1.686
Nº de LTs com interferência direta em TI	4 de 412 LTs (aproximadamente 148 km)
Nº de LT situadas a menos de 8 km de TI na Amazônia Legal ou a menos de 5 km nas demais regiões ⁽¹⁾	23 de 412 LTs (aproximadamente 283 km)
Nº de LTs com interferência direta em TQ ⁽²⁾	(não identificado)
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽³⁾	104.925

Notas: (1). Distâncias definidas no Anexo I da Portaria Interministerial n° 60, de 24 de março de 2015. (2). Considerando somente as áreas que possuem limites definidos a partir dos Relatórios Técnicos de Identificação e Delimitação (RTID). (3). Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para as 412 LTs, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados.

5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

5.1. Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

Quais os principais benefícios do petróleo e do gás natural?



Petróleo e gás natural têm papel de destaque na economia mundial. Para o Brasil, o crescimento das reservas e a manutenção do estoque de combustíveis contribuem para o aumento da **segurança energética**. Essa fonte abrange **usos energéticos** para os setores residencial, industrial, agropecuário, comercial e público (gás liquefeito de petróleo, óleo diesel e óleo combustível), incluindo o setor elétrico e de transporte de pessoas e carga (óleo diesel, gasolina, querosene de aviação e óleo combustível); e também possui **usos não energéticos**, como matéria-prima na indústria petroquímica, fabricação de asfaltos, lubrificantes, solventes, graxas, parafinas e outros produtos.

Apesar dos esforços para aumentar a participação de alternativas renováveis na matriz energética, petróleo e gás natural continuarão a ter participação significativa nos próximos anos. Isso se deve principalmente ao custo e ao fato de a cadeia destes combustíveis estar associada a um setor de exploração e produção maduro, com domínio técnico e tecnológico do seu uso, transporte e armazenamento. Combustíveis alternativos, com destaque os biocombustíveis etanol e biodiesel, estão aumentando a participação na matriz energética no que se refere ao setor de transporte; entretanto, para os demais usos, por exemplo o petroquímico, a substituição do petróleo e do gás natural é mais complexa.

Recentemente, o **gás natural tem ganhado destaque na matriz elétrica nacional, como combustível para termelétricas**. Ressalta-se que, com a implementação de alguns resultados da iniciativa Gás para Crescer pelo Decreto Presidencial nº 9.616 de dezembro 2018, há expectativa de maiores avanços na sua participação na matriz. Em relação aos demais combustíveis fósseis utilizados para geração de eletricidade (carvão e óleo), o gás natural é um recurso com maior disponibilidade e que emite menos poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa (GEE).



Destaca-se ainda que, no Brasil, além da exploração e produção de recursos convencionais de petróleo, há potencial de aproveitamento de recursos não convencionais de petrolíferos (RNC) de diversos tipos: óleo e gás de folhelho, óleo e gás em formação fechada, betume, hidratos de metano e metano de carvão (EPE, 2017).

Há que se mencionar ainda os possíveis benefícios socioeconômicos regionais e locais associados a toda cadeia do petróleo e gás natural: **geração de empregos** diretos e indiretos e **aumento da arrecadação tributária**, contribuindo para o **dinamismo econômico da região**. Historicamente, as participações governamentais que sempre se destacaram em volume de recursos financeiros foram os *royalties* e participações especiais.

Como é a produção de petróleo e gás natural e o abastecimento atualmente?

Segundo o Anuário Estatístico 2019 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2019a), a produção nacional de petróleo em 2018 foi de 944 milhões de barris e a de gás natural foi cerca de 41 milhões de m³ nos **374 campos em produção**, com destaque para a produção dos campos marítimos que representaram 96% da produção de petróleo e 80% de gás natural.

O sistema de abastecimento brasileiro é composto por refinarias e unidades de processamento de gás natural, além da infraestrutura logística associada. Visto que a produção nacional de petróleo e gás natural se concentra no mar, a infraestrutura presente se localiza predominantemente na costa. O processamento de petróleo é realizado em **17 refinarias** com capacidade instalada de 2,4 milhões de barris/dia, adicionalmente existe uma **Usina Industrial do Xisto (SIX)** com capacidade de 7,8 mil t/dia. O processamento de **gás natural** é realizado em **14 polos** com capacidade de 95,7 milhões de m³/dia, adicionalmente existem **3 terminais de gás natural liquefeito (GNL)**.

Além disso, a infraestrutura para movimentação de petróleo, gás natural e derivados é formada por dutos, terminais terrestres e aquaviários, rodovias e ferrovias. Com relação à infraestrutura de dutos, em 2018, aproximadamente **15 mil km de duto** foram destinados ao transporte de petróleo, gás natural e derivados (ANP, 2019a). Toda essa infraestrutura está representada na figura a seguir.



Como será a expansão da produção e do abastecimento nos próximos 10 anos?

No período decenal está previsto que **276 UPs** (Unidades Produtivas em áreas contratadas) iniciarão a produção de recursos convencionais de petróleo e gás natural, além de **23 UPUs** (Unidades Produtivas em áreas não contratadas que pertencem à União), atingindo 5,5 milhões de barris/dia em 2029. As UPs terrestres previstas estão distribuídas nas regiões Norte e Nordeste. Já as UPs *offshore* estão concentradas principalmente na região Sudeste, com ocorrência também no

Nordeste, ao longo da margem equatorial e no sul do Brasil. Ressalta-se que a elaboração das curvas de produção constantes do PDE 2029 considerou a análise socioambiental prévia de 783 UPs e das UPUs conforme metodologia definida no item “Subsídios socioambientais para a expansão decenal/Análise da complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás”.

Em relação ao abastecimento, existem projetos previstos e indicativos. Dentre os novos empreendimentos previstos estão: **uma refinaria e três terminais de regaseificação**, conforme apresentado na Figura 18. No Nordeste, está prevista a ampliação da capacidade de processamento da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), com a instalação do segundo trem de refino, localizada ao sul da Região Metropolitana de Recife (PE). Nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte, estão os três terminais de regaseificação: um no porto de Sergipe, em Sergipe; o segundo no porto de Açú, no Rio de Janeiro; e outro no porto de Vila do Conde, no Pará. Adicionalmente existem 4 projetos indicativos de regaseificação de localização indefinida.

Ainda está prevista a instalação de **um gasoduto de transporte e duas unidades de processamento de gás natural (UPGN)** no decênio (Figura 18). O gasoduto é o Itaboraí - Guapimirim, com 11 km, situado no estado do Rio de Janeiro. Sobre as UPGNs, a primeira está sendo instalada no complexo industrial Comperj no Rio de Janeiro, e a segunda, UPGN Caburé, se encontra no estado da Bahia. No indicativo, existe a perspectiva de um projeto de UPGN em Sergipe, novo ou ampliação.



Figura 18 – Unidades produtivas, refinaria, terminais e gasodutos de transporte planejados



Notas: (1) Mapeamento de Unidades Produtivas - Fonte: ANP (2019b); (2) O tamanho do polígono das UPs não é proporcional ao volume de produção ou às interferências socioambientais.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão da produção e do abastecimento?

A análise de interferências socioambientais busca sinalizar as principais questões de abrangência regional que deverão ser foco de gestão por parte do poder público e dos empreendedores associadas às atividades de E&P nas UPs e à instalação de refinaria, gasodutos e terminais de regaseificação planejados. Considerando as sensibilidades típicas das diferentes regiões para as quais as UPs estão planejadas no horizonte deste PDE 2029, indicam-se, a seguir, os principais impactos reais e potenciais esperados, com o objetivo de contribuir para sua gestão. Os impactos reais são aqueles associados à rotina das atividades operacionais de E&P, enquanto os impactos potenciais são aqueles associados ao risco de um acidente.

Sobre as atividades de E&P previstas, os impactos potenciais associados ao risco de acidentes com derramamento de óleo em corpos hídricos ou no mar continuam dentre os que mais demandam atenção no âmbito do Licenciamento Ambiental. Nesse sentido, a indústria evoluiu significativamente no desenvolvimento de tecnologias, medidas de prevenção e mitigação. Nas áreas terrestres, destaca-se a sensibilidade a esse tipo de evento na região Norte, pela existência de ambientes únicos na Amazônia, e no Nordeste pelos conflitos pelo uso da água existentes. Já no mar, os ambientes sensíveis em ilhas e na costa merecem atenção em função do reduzido tempo de toque de óleo, pois a Plataforma Continental é estreita e por isso as plataformas de E&P estão localizadas relativamente próximo à costa. Entretanto, como o risco de derramamento implicar em impactos potenciais e não impactos reais, não se configurou como tema socioambiental para a Análise Integrada.

Dentre os impactos reais, aqueles associados à pesquisa sísmica são relevantes e incidem especialmente sobre cetáceos (baleias e golfinhos), mas também sobre peixes e outros organismos da fauna marinha. Sendo assim, o Ibama elaborou o Guia de Monitoramento da Biota Marinha com os procedimentos exigidos no Licenciamento Ambiental nessa atividade (Ibama, 2018). Apesar de ser medida de mitigação dos impactos, alguns deles podem permanecer, com eventual repercussão regional, especialmente se ocorrerem sobre aglomerações reprodutivas de peixes, com danos aos tecidos desses animais e morte de ictioplâncton (ovos e larvas de peixes).



Adicionalmente, a instalação de estruturas no assoalho marinho (dutos e outros equipamentos) e perfurações também impactam a fauna bentônica com possíveis efeitos cumulativos. Outro impacto é a potencial introdução de espécies exóticas, a exemplo do coral-sol, cuja chegada ao Brasil e invasão de costões rochosos é atribuída por pesquisadores à chegada de plataformas incrustadas com essa espécie. A movimentação de embarcações de apoio e navios aliviadores também pode ser responsável pela entrada de espécies exóticas nos ecossistemas brasileiros e, nesse caso, mesmo navios cargueiros podem ter responsabilidade sobre a questão.

Sendo assim, o tema **fauna** se torna relevante para as regiões Nordeste e Sudeste, que para esta fonte está associado à atividade de sísmica no mar, pelo possível efeito cumulativo no Sudeste e pela sensibilidade dos ambientes no Nordeste onde será realizada a atividade (baixa profundidade e

proximidade da costa). Em ambas as regiões, também deve ser foco de gestão a possível introdução de espécies exóticas por embarcações, com efeitos sobre ecossistemas de costões rochosos e no Sudeste ainda deve-se atentar para o eventual efeito cumulativo de estruturas submarinas apoiadas no assoalho marinho sobre a fauna bentônica. Cabe lembrar que, dada a concentração de atividades no Sudeste, é particularmente importante uma gestão adequada para evitar a cumulatividade desses efeitos.



Em relação à expansão do parque de refino, está prevista a entrada em operação do segundo trem e da unidade de abatimento de emissões (SNOX) da Refinaria Abreu e Lima (RNEST). Dentre as interferências associadas a refinarias está alteração do uso do solo, o consumo de água, pressão sobre núcleos urbanos, a emissão de poluentes atmosféricos e GEE e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Essas interferências são gerenciadas no projeto de modo a atender normativas legais e as exigências do licenciamento ambiental. Entretanto, como a refinaria está localizada em região industrial, destaca-se a **alteração na qualidade do ar, em função da cumulatividade da emissão de poluentes atmosféricos** com outras fontes de emissão existentes. A preocupação converge com o posicionamento da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), órgão responsável pelo licenciamento ambiental, que limitou a capacidade de processamento da refinaria enquanto a unidade de abatimento de emissões não for instalada. Além disso, estão previstas novas unidades de hidrotratamento (HDT) para as refinarias Reduc, Replan e Reman. Essas unidades contribuem para a especificação do diesel (diesel S10, com menor teor de enxofre), o que possibilita maior fator de utilização destas refinarias.

Ressalta-se que não se consideraram as questões relativas ao consumo de água e à geração de efluentes relevante, pois a refinaria conta com sistema de tratamento e reuso de água, que reaproveita efluentes e minimiza a captação. Além disso, o aumento da demanda por serviços e infraestrutura, com resultante pressão sobre os núcleos populacionais próximos não foi considerado relevante, pelo fato de o empreendimento estar próximo à região metropolitana de Recife que, por ser capital do estado, apresenta maior capacidade para atendimento dessas demandas.

Sobre os terminais de regaseificação, gasoduto de transporte e UPGNs, devido à dimensão desses projetos, considerou-se que não há impactos de abrangência regional relevantes a serem apontados. Os terminais se localizam no porto de Sergipe (SE), porto de Açu (RJ) e porto de Vila do Conde (PA), e são alocados em região portuária já estabelecida. Em relação ao gasoduto, está prevista a construção de cerca de 11 km no decênio no estado do Rio de Janeiro. Não há interferência com Unidades de Conservação de Proteção Integral ou Terras Indígenas. Por outro lado, há interferência com UC de uso sustentável. Com relação à UPGN Comperj, apesar de a instalação do complexo industrial ter demandado supressão de vegetação, para a instalação da UPGN não serão necessárias novas supressões. Já a instalação da UPGN Caburé se encontra em área antropizada.

Como subsídio à Análise Integrada, foram selecionados os impactos reais de abrangência regional que mais se destacam, para permitir a compilação de temas socioambientais para o petróleo e gás natural como uma das fontes de energia analisadas. Nesse sentido, para o E&P, foi destacado o tema **Fauna** nas regiões Nordeste e Sudeste. A Refinaria Abreu e Lima (Rnest), única prevista para o

decênio, possivelmente apresentará efeitos sobre o tema **qualidade do ar**, pelo fato de seus impactos se acumularem com os de outros empreendimentos emissores de poluentes (porto, térmica e refinaria), podendo resultar em efeitos regionais.

Tabela 20 - Síntese da análise socioambiental da Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados do PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 E&P de petróleo e GN	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>
 Refinarias, UPGN e Terminais de GNL	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	<i>Não há projetos planejados</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	<i>Não há projetos planejados</i>
 Gasodutos	<i>Não há projetos planejados</i>	<i>Não há projetos planejados</i>	<i>Não há projetos planejados</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	<i>Não há projetos planejados</i>

Legenda



Fauna



Qualidade do ar

Quais os principais desafios e as iniciativas socioambientais relacionados à expansão da produção de petróleo e gás natural e abastecimento?

O aumento previsto das atividades de E&P e a implantação da nova unidade de refino, do gasoduto e dos terminais de regaseificação requerem a gestão das interferências ambientais negativas e positivas, de modo a garantir um desenvolvimento sustentável associado ao setor. As principais iniciativas e discussões em andamento envolvem o planejamento da oferta de novas áreas, o desenvolvimento das atividades de E&P em ambientes sensíveis, o gerenciamento de impactos e segurança operacional, descomissionamento de instalações, aproveitamento de recursos não convencionais, além de redução de emissões de GEE.

No âmbito do planejamento, estão sendo realizadas as primeiras **Avaliações Ambientais de Áreas Sedimentares (AAAS)** que buscam conciliar o desenvolvimento das futuras atividades de petróleo e gás natural com os aspectos socioambientais regionais. Os Estudos Ambientais de Área Sedimentar do Solimões e de Sergipe-Alagoas e Jacuípe estão sendo conduzidos pela EPE e pela ANP, respectivamente, e serão acompanhados por Comitês Técnicos de Acompanhamento, grupos interministeriais compostos pelos Ministérios de Minas e Energia (MME) e de Meio Ambiente (MMA) e instituições vinculadas (Brasil, 2012). Além de subsidiar o planejamento, a AAAS produzirá recomendações para o Licenciamento Ambiental e diretrizes para a oferta de blocos exploratórios para cada área sedimentar analisada. Para as áreas que ainda não foram submetidas à AAAS, se



mantém a manifestação conjunta prévia à oferta de blocos, realizada por ANP e órgãos ambientais (Brasil, 2017b).

Cabe ainda citar as discussões em andamento acerca do **Novo Mercado de Gás Natural** e do **Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres – Reate**. Essas iniciativas promovem o aperfeiçoamento das políticas para solucionar entraves ao desenvolvimento das atividades, por meio do amplo diálogo e articulação com os atores.

Com relação ao desenvolvimento da atividade em ambientes sensíveis, destacam-se os desdobramentos oriundos da descoberta de recife de algas calcárias na bacia da **Foz do Amazonas**, em áreas concedidas. Os recifes de corais ou de algas calcárias são ambientes sensíveis à atividade de perfuração de poços, seja pela ação direta sobre os organismos ou indireta por meio da instalação de equipamentos e descarte de cascalho. Sendo assim, o Ibama indeferiu a licença ambiental das atividades de perfuração naquela bacia (Ibama, 2018). A partir dessa descoberta, se estabeleceu o desafio de conciliar a preservação de ambientes sensíveis e as atividades petrolíferas nessa bacia, o que demanda planejamento integrado entre os setores.

Sobre o gerenciamento de impactos das atividades, tem sido discutida entre os setores ambiental e energético a promoção de medidas de controle do coral-sol, organismos exótico invasor associado ao deslocamento de plataformas e embarcações. Neste sentido o MMA coordenou a elaboração do Plano de Controle **Coral-Sol**, instituído pela Portaria IBAMA nº 3.642, de 10 de dezembro de 2018 (MMA, 2019). Além disso, no âmbito do Licenciamento Ambiental, as plataformas a serem instaladas têm sido submetidas à secagem antes dos transporte, para garantir que os organismos incrustantes morram e não sejam carregados a outras regiões, onde poderiam dispersar larvas e colonizar novos costões rochosos.

Sob o ponto de vista de aprimoramento regulatório, cabe destacar que a ANP está revisando duas resoluções, Resolução ANP nº 43/2007 e Resolução ANP nº 27/2006, que tratam de **segurança operacional** e **descomissionamento**, respectivamente. A revisão da primeira está em andamento e já envolveu a realização de várias atividades e coleta de contribuições de diversos atores (ANP, 2019d). A revisão da segunda vem da necessidade de descomissionamento de algumas das instalações, o que implica em alguns desafios para a indústria, relacionados à adequação da regulamentação, qualificação de pessoal e serviços específicos (ANP, 2019c).

Outro desafio que permanece latente se refere ao aproveitamento de recursos petrolíferos não convencionais com a utilização da técnica de **fraturamento hidráulico**. A forte oposição ao desenvolvimento desse recurso devido às preocupações com os impactos socioambientais motivou a publicação de resolução específica²⁸ da ANP e diversas iniciativas do Ministério de Minas e Energia no sentido de promover o diálogo e compartilhar conhecimento sobre o tema. Dentre as iniciativas, no âmbito do Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres (REATE), está prevista a execução de projeto piloto para recursos

²⁸ Resolução ANP nº 21/2014.

petrolíferos em reservatórios de baixa permeabilidade (não convencionais), chamado de Poço Transparente, para avaliar e monitorar os impactos, além de capacitar os técnicos (MME, 2017).

Já as **emissões de GEE** estão associadas a toda cadeia do petróleo e gás natural, seja como emissões fugitivas ou associadas à produção e aos diferentes usos destes combustíveis fósseis. Com o intuito de se alinhar aos acordos internacionais e considerando os esforços que estão sendo realizados para transição para uma econômica de baixo carbono, observa-se que as empresas de O&G estão se adaptando e se diversificando. As principais iniciativas sendo desenvolvidas estão relacionadas com: implementação de medidas de redução das emissões de GEE, aproveitamento do gás associado, investimentos em tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS) e investimento em projetos de energia renovável.

Pode-se mencionar algumas iniciativas da Petrobras com estabelecimento de metas para 2025 que envolvem ações como otimização de cargas no refino, redução da queima de gás em tocha, eficiência energética, entre outras. Adicionalmente a empresa se tornou membro da Oil and Gas Climate Initiative (OGCI), que investe em projetos de redução de GEE através de captura, uso e armazenamento de carbono e dá suporte a iniciativa “Zero Routine Flaring by 2030” do Banco Mundial, que visa eliminar a queima de rotina em tocha (Petrobras, 2019).

Indicadores socioambientais da expansão da Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

Os indicadores ambientais foram calculados utilizando-se recursos de geoprocessamento. Ou seja, foi analisada a eventual sobreposição entre os empreendimentos previstos para o decênio e **Unidades de Conservação**, distinguindo-as entre proteção integral e uso sustentável. Três indicadores socioeconômicos também foram calculados da mesma forma: **número de UPs com sobreposição a TI**, **extensão de gasodutos em TI** e **extensão de gasodutos em assentamento rural**. Vale ressaltar que, conforme sinalizado na Figura 18, não é possível estabelecer uma relação obrigatória entre essa sobreposição e interferências socioambientais sobre UC ou TI. Os blocos exploratórios, tipos de empreendimentos para os quais foi notada sobreposição, são áreas extensas sobre as quais é concedido o direito à exploração do recurso, no entanto, mesmo que este recurso esteja próximo à sobreposição, há tecnologia exploratória que permite evitar a interferência direta sobre essas áreas: a perfuração direcional.

Os indicadores socioeconômicos positivos do E&P são número de empregos e recursos financeiros gerados, ambos avaliados a partir da estimativa de produção de recursos de petróleo e gás natural no decênio. Para o cálculo das participações governamentais, consideraram-se apenas as arrecadações consolidadas dos Estados e Municípios provenientes de **royalties e participações especiais** sobre as receitas das atividades de E&P relativas às unidades produtivas de recursos descobertos dentro do horizonte deste PDE 2029. Ressaltamos ainda que as referidas arrecadações variam em função dos volumes produzidos, do regime fiscal e cambial, dos preços praticados nos mercados nacionais e internacionais do petróleo e gás natural.

A estimativa para **geração de empregos diretos** em E&P considerou a possível demanda por profissionais para atuarem em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou de partilha de produção para a produção de recursos convencionais de petróleo e gás natural no horizonte decenal. Para refino e gasoduto, o número de empregos foi estimado a partir de informações contidas em estudos ambientais de empreendimentos.

Tabela 21 – Indicadores socioambientais da expansão da Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados



INDICADORES AMBIENTAIS	
E&P de petróleo e gás natural	
Nº de UPs com sobreposição a UC de proteção integral ¹	nenhuma das 276 UPs
Nº de UPs sobreposição a UC de uso sustentável ¹	8 de 276 UPs
Gasodutos	
Extensão em UCs de uso sustentável ¹	2,22 km
Extensão em UCs de proteção integral ¹	0 km



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
E&P de petróleo e gás natural	
Nº de UPs com sobreposição a TI	2 das 276 UPs
Empregos diretos gerados (valor acumulado) ²	36 mil
Royalties e participações especiais – média anual (R\$ bilhões) ²	670
Refino	
Empregos diretos gerados no pico das obras ³	16 mil
Gasodutos	
Extensão em TI ¹	0 km dos 11 km
Extensão em assentamentos rurais ¹	0 km dos 11 km
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁴	170

Notas: (1). Indicadores estimados a partir de: ELETROBRAS, 2011; FUNAI, 2019 e MMA, 2019. (2). Indicadores socioeconômicos estimados a partir das curvas de produção constantes do Capítulo V “Produção de Petróleo e Gás Natural” do PDE 2029. Estimativa de demanda por profissionais para atuar em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou partilha de produção. Royalties e participações especiais destinados a estados e municípios, calculados apenas para os recursos descobertos. (3). Números estimados a partir de informações do Rima da RNEST (FADE-UFPE/Petrobras 2006). (4). Número de empregos estimados a partir da relação “empregos por quilômetro de duto” calculada com as informações do Rima do Gasoduto Japeri-Reduc (Biodinâmica/Petrobras 2006) e EIA Caraguatatuba-Taubaté (Biodinâmica/Petrobras 2007).

5.2. Etanol



Quais os principais benefícios do etanol?

O Etanol é um combustível **renovável** utilizado como substituto direto da gasolina automotiva. No Brasil é misturado compulsoriamente à gasolina A em percentual que varia de 20 a 30% (etanol anidro) ou utilizado puro (etanol hidratado).



Os principais benefícios ambientais de seu uso como substituto à gasolina estão relacionados à **redução de emissões de poluentes atmosféricos**, como o monóxido de carbono, material particulado, óxidos de enxofre e compostos orgânicos voláteis, que deterioram a qualidade do ar. Adicionalmente, o etanol também contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pois parte do carbono emitido na sua queima é absorvida no cultivo da matéria-prima na fotossíntese.

Existem também benefícios econômicos e sociais associados ao cultivo da matéria-prima (cana-de-açúcar ou milho) e produção de etanol pela geração de empregos diretos e indiretos, demanda por bens e serviços, e arrecadação tributária, contribuindo para o dinamismo econômico da região.

Como é a oferta de etanol atual?

Atualmente, existem **369 usinas em operação** para produção de etanol, majoritariamente oriundo da indústria sucroalcooleira (MAPA, 2019). As unidades autorizadas para a produção de etanol em dezembro de 2018 apresentavam capacidades de produção de anidro e hidratado de 126 mil m³/dia e 233 mil m³/dia, respectivamente (ANP, 2019). Na safra 2018/2019, a área colhida de cana no país dedicada à produção de açúcar e etanol foi de aproximadamente 8,6 milhões de hectares, concentrada na região Sudeste, especialmente no estado de São Paulo (participação de 52%) (CONAB, 2019).



Como será a expansão da oferta de etanol nos próximos 10 anos?

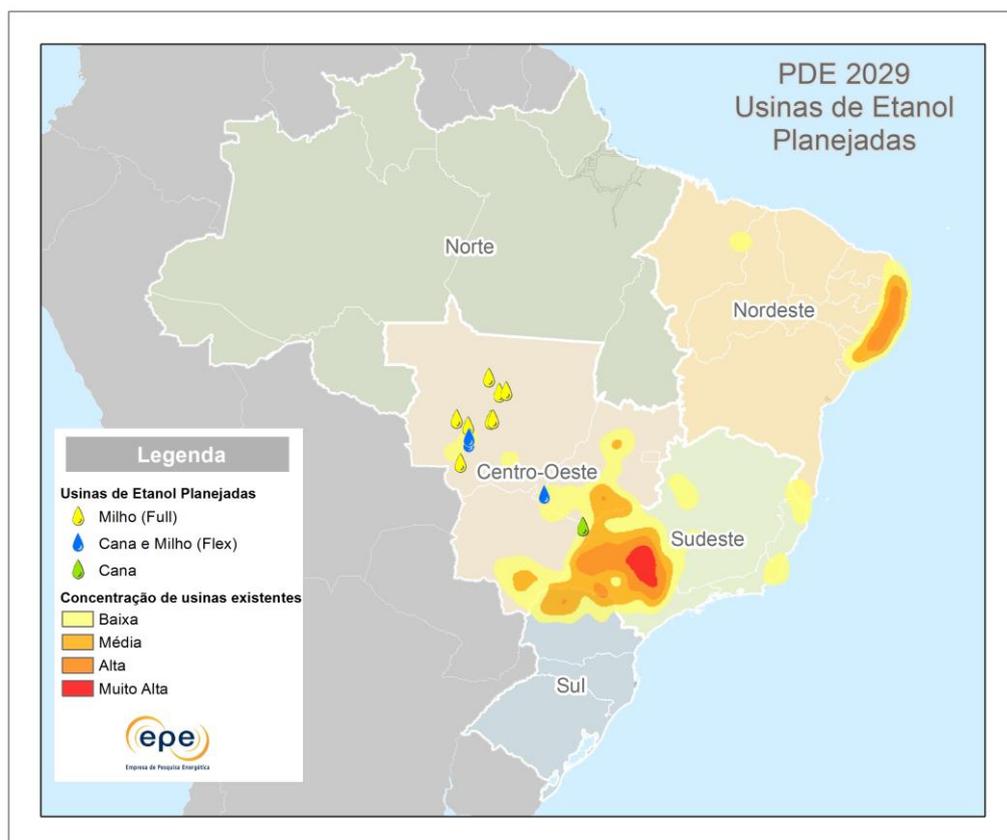
O cenário de oferta²⁹ de etanol do PDE 2029 prevê expansão de cerca de 34 bilhões de litros, em 2020, para aproximadamente **47 bilhões de litros, em 2029**. Conforme previsão apresentada no capítulo VIII do PDE 2029, estima-se que a área colhida de cana-de-açúcar exclusiva para produção

²⁹ A oferta considera o volume total de importação e produção de etanol oriundo da cana-de-açúcar, milho e 2G.

de etanol seja de 5,9 Mha em 2029, que corresponde a um aumento de 0,67 Mha ao primeiro ano do decênio.

Para atender o aumento da oferta de etanol previsto no horizonte decenal, está planejada a entrada de 14 usinas localizadas na região Centro-Oeste (), além da expansão indicativa. Das usinas planejadas, quatro possuem capacidade de processamento de milho e cana-de-açúcar (flex) e nove são exclusivas para processamento de milho (full), totalizando 2,6 bilhões de litros de etanol de capacidade adicional. Neste período está prevista a entrada de apenas uma usina de etanol de cana-de-açúcar, com capacidade de processamento de 1,4 milhões de toneladas de cana (Mtc). Observa-se a concentração de usinas planejadas no Centro-Oeste, em áreas de alta e média aptidão agrícola para cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2009) e que têm se mostrado viável também para a produção de etanol de milho. Com relação à expansão indicativa, são previstas 13 unidades de cana-de-açúcar, com capacidade de processamento 45 Mtc, a ampliação de algumas unidades de cana, totalizando 16 Mtc, além de usinas para produção de etanol 2G com capacidade de 760 milhões de litros de etanol. O etanol oriundo da indústria sucroalcooleira continuará a ter predomínio na expansão indicativa, entretanto destaca-se o crescimento da produção de etanol de milho, atingindo cerca de 4 bilhões de litros em 2029.

Figura 19 – Localização das usinas de etanol no PDE 2029



Nota: Usinas de etanol planejadas consideram as usinas apresentadas no capítulo VIII do PDE 2029 com os seguintes status: projeto e implantação.

Quais as principais interferências e temas socioambientais da expansão da oferta de etanol?

A principal questão que permeia a avaliação socioambiental da expansão da oferta de etanol envolve a **geração de resíduos e subprodutos**. Esses aspectos são considerados tanto no ciclo da cultura de matéria-prima quanto nas etapas de processamento até o produto final. Ressalta-se que, devido à predominância na expansão, o enfoque da análise é para o etanol de cana-de-açúcar. O setor sucroalcooleiro brasileiro possui experiência acumulada e muitos impactos ambientais da cadeia de produção de açúcar e etanol foram reduzidos ao longo do tempo.

No processamento da cana-de-açúcar, a indústria sucroalcooleira tem sido bem sucedida no reaproveitamento do seu principal resíduo, o bagaço. A queima de bagaço para geração de energia térmica e elétrica reduz impactos ambientais e aumenta a eficiência e competitividade do setor, especialmente com a comercialização excedente para a rede, sobretudo pelas usinas mais eficientes. Já na produção de etanol, a **vinhaça** é o principal efluente e apresenta forte potencial poluidor caso disposto inadequadamente nos solos e recursos hídricos. A principal solução que vem sendo adotada para sua destinação é o uso na fertirrigação dos canaviais, que traz ganhos de produtividade agrícola com redução do emprego dos fertilizantes tradicionais (derivados de petróleo). No entanto, cabe destacar que ainda que a fertirrigação seja uma prática bem sucedida pelo setor, a técnica apresenta limitantes ambientais e econômicos, como o custo do transporte para o local de aplicação, implicando em busca por melhorias ou novas soluções para o problema. Adicionalmente, outros subprodutos com potencial poluidor como torta de filtro, cinzas e fuligens também podem ser reaproveitados na lavoura desde que manejados de forma correta.

Sendo assim, de acordo com os volumes de etanol projetados no decênio, o tema **resíduos** foi considerado relevante para a região Centro-Oeste, região onde predomina a expansão, conforme sintetizado na Tabela 22 abaixo.

Tabela 22 - Síntese da análise socioambiental do etanol no PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Etanol	<i>Não há projetos planejados</i>				

Legenda



Resíduos

Quais os principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão da oferta de etanol?

Os desafios e iniciativas socioambientais do setor se concentram principalmente na continuidade dos avanços obtidos na mecanização e na gestão dos insumos e resíduos.

Um das iniciativas mais importante para o setor é a Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como **RenovaBio**, que, caso bem sucedida, aumentará a fonte de receita do setor e deixará o processo produtivo mais eficiente e menos intensivo em carbono, como descrito no BOX 1.

Outra iniciativa é o **Protocolo Agroambiental do Setor Sucreenergético Paulista**, que tem trazido grandes avanços para a sustentabilidade no setor. No ano de 2017, foi firmado o Protocolo Etanol mais verde que estabelece diretrizes ambientais para as usinas e associações de fornecedores, tais como: antecipação do fim das queimadas, metas de proteção e restauração dos remanescentes florestais de nascentes e de matas ciliares, além de metas para a conservação e reuso de água na etapa industrial (São Paulo, 2008 e 2019a).

BOX 1 – A POLÍTICA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS - RENOVABIO

Atualmente a Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio, é a iniciativa mais importante para o setor de biocombustíveis (Lei nº 13.576/2017). A lei busca fomentar a expansão dos biocombustíveis em padrões mais sustentáveis com a aplicação de dois instrumentos: metas nacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a matriz de combustíveis e certificação da produção de biocombustíveis.

A meta nacional é definida pelo CNPE e a ANP é responsável pelo seu desdobramento em metas individuais para os distribuidores de combustíveis. O cumprimento se dará a partir da compra do Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO), emitido pelos produtores certificados.

Enquanto a meta das distribuidoras é obrigatória, a participação dos produtores é opcional e deve atender a critérios ambientais de elegibilidade, principalmente no que diz respeito ao uso da terra (MME, 2018). Alinhados às políticas e instrumentos nacionais de ordenamento territorial, esses critérios buscam o controle da supressão de vegetação nativa, na medida em que estabelecem que a biomassa oriunda de área cuja vegetação nativa tenha sido suprimida após novembro de 2018 não pode ser contabilizada.

A combinação entre a receita extra gerada pela emissão dos CBIOs e a produção mais eficiente (menos intensiva em carbono) abre caminho para: o etanol ganhar competitividade em relação à gasolina; o bagaço aumentar sua participação na geração de eletricidade; e o biodiesel ampliar a diversificação da cesta de matéria prima.

Considerando ainda os requisitos ambientais relativos ao uso da terra, o RenovaBio pode ser uma política importante para promover a expansão mais consistente e sustentável da produção de biocombustíveis na matriz energética brasileira e aumentar a contribuição do setor de transportes no cumprimento dos compromissos assumidos no Acordo de Paris.

Ressalta-se que a prática da **queima da palha** na colheita da cana tem sido inibida pelo avanço da mecanização por meio de legislação e de acordos entre a iniciativa privada e o poder público. Segundo CONAB (2019), a mecanização da colheita tem avançado significativamente nos últimos anos, atingindo praticamente 91% na safra de 2018-2019 graças ao relevo favorável ao uso de máquinas da região Centro-Sul, maior produtor nacional.

Por outro lado, na região Norte/Nordeste, este indicador tem evoluído mais lentamente, 24,3% para mesma safra, tendo estados como Pernambuco, cujo índice de mecanização é inferior a 5% (CONAB, 2019). Além de evitar impactos na qualidade do ar, o fim das queimadas reduz o consumo de água, danos sobre a fauna e potencializa o aproveitamento da palha para fins energéticos e de



conservação das características estruturais do solo. Deste modo, o avanço da mecanização no Nordeste representa uma oportunidade para minimizar impactos dessa atividade na região.

Outro aspecto importante é o aumento do **descompasso entre a mecanização da colheita e do plantio** que trazem perdas de produtividade (tc/ha). A introdução inadequada da mecanização nos processos agrícolas aumenta as impurezas presentes na cana e tem mantido o rendimento (kg/ATR) abaixo do verificado entre os anos 2003 e 2007 (EPE, 2019). Novos investimentos para aumentar a participação da cana planta na área colhida, melhorar as práticas de mecanização e reduzir a defasagem entre plantio e colheita mecanizada são fundamentais para aumentar a eficiência do setor produtivo.

Adicionalmente, no que diz respeito às **condições de trabalho**, a colheita manual da cana-de-açúcar é considerada como de alto risco para a saúde (RONQUIM, 2010). Nesse sentido, a substituição da colheita manual pela mecanizada tem reduzido o número de trabalhadores expostos a condições precárias de trabalho, já que, em média, uma colheitadeira substitui até 100 trabalhadores (COELHO, 2009). Por outro lado, tem efeito direto na supressão de postos de trabalho.

Considerando que os trabalhadores dispensados têm baixa qualificação, o que leva a dificuldades para encontrarem oportunidades em outras áreas, os setores públicos e privados vêm desenvolvendo programas para reinserção profissional dos trabalhadores do setor sucroenergético. Esses programas têm por objetivo treinar, capacitar e formar os profissionais para novas atividades do setor, bem como para outras atividades da economia, de acordo com as características locais dos municípios onde atuam (VIEIRA, 2016).

Na gestão de insumos e resíduos na etapa industrial os desafios se desdobram na contínua redução do consumo de água e no desenvolvimento de alternativas para a destinação adequada de vinhaça.

O **consumo de água** decresceu rapidamente por força da legislação ambiental e da implantação do sistema de cobrança pela utilização de recursos hídricos (CNI, 2013). Destaca-se que na safra 2017/2018 o consumo de água nas usinas signatárias do Protocolo Agroambiental foi de 0,96 m³ água por tonelada de cana-de-açúcar processada (São Paulo, 2019b). Ainda que a evolução nos índices seja notória, é preciso continuar a aplicação de medidas que minimizem a captação de água de modo a prevenir conflitos com outros usos, especialmente em áreas com bastante ocupação urbana e rural.



Sobre a **destinação da vinhaça**, houve avanços na redução dos riscos de contaminação por meio de fiscalização e incentivo à implementação de medidas adequadas ao seu armazenamento e transporte, além do controle no seu uso na fertirrigação. O desenvolvimento de tecnologias que ofereçam outras soluções para a destinação da vinhaça possibilita melhor aproveitamento do resíduo e aumento da eficiência do setor, como produção de biogás em biodigestores e geração de eletricidade.

Indicadores socioambientais da expansão da oferta de etanol

No presente plano são propostos dois indicadores socioambientais para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da expansão da oferta de etanol (*Tabela 23*).

O primeiro é relativo aos indicadores ambientais que envolvem o percentual de mecanização da colheita, o volume de vinhaça e a captação de água no horizonte decenal. Considerando a variação do índice histórica, estima-se que em 2029 a **mecanização atinja 95,2%** (CONAB, 2019). Sobre consumo de água, no Estado de São Paulo a Resolução SMA nº 88/2008 estabelece a faixa limite de 0,7 – 1 m³ de água por tonelada de cana. Sendo assim, o volume estimado de consumo de água fica entre **3 a 4 bilhões de m³ de água** no horizonte decenal. Com relação à vinhaça, considera-se que seu volume de produção é de cerca de 12 l/l de etanol, em média (SEABRA, 2008). Mantidos esses índices, o volume estimado de produção de vinhaça para o horizonte decenal é de cerca de **4.163 bilhões de litros**.

O segundo indicador se refere aos empregos diretos gerados na produção. De acordo com dados do Ministério da Economia, o setor registrou em 2017 cerca de 509 mil empregos em todo país, somando-se os empregos do cultivo e do processamento de cana para açúcar e etanol (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019). Considerando a redução do coeficiente de trabalhadores por tonelada de cana produzida e a projeção de sucroalcooleira para o horizonte decenal, estima-se que o setor possa atingir pouco menos de **540 mil empregos** em 2029. Dessa forma, mesmo com o efeito da colheita mecanizada, estima-se um crescimento médio anual de 1,3% no número de empregos do setor, impulsionado pelo aumento da frota de veículos leves *flex-fuel* (demanda) e pelo aumento na produção de cana-de-açúcar (oferta).

Tabela 23 – Indicadores socioambientais da expansão da oferta de etanol



INDICADORES AMBIENTAIS	
Mecanização da colheita em 2029 (%) ⁽¹⁾	95,2
Produção de vinhaça no decênio (bilhões de m ³) ⁽²⁾	4
Captação de água nas usinas no decênio (bilhões de m ³) ⁽³⁾	3 a 4



INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos na produção sucroalcooleira ⁽⁴⁾	538 mil

Notas: (1). Considerando a variação do índice de mecanização histórica a partir CONAB (2019). (2). Volume acumulado considerando a produção de 12 L de vinhaça por litro de etanol. (3). Volume acumulado considerando a faixa 0,7 - 1 m³ de água consumida por ton de cana processada (SÃO PAULO, 2008). (4). Estimativa de 0,65 empregos diretos por mil toneladas colhidas, com base em MINISTÉRIO DA ECONOMIA (2019).

5.3. Biodiesel

Quais os principais benefícios do biodiesel?

O biodiesel é um **combustível renovável** produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. No Brasil, é utilizado em mistura com óleo diesel derivado do petróleo e possui menores emissões de gases poluentes e de gases de efeito estufa (GEE) quando comparado com o diesel de petróleo puro. Quando produzido a partir de **oleaginosas**, as emissões de GEE serão ainda inferiores na comparação, pois parte do carbono contido no combustível foi absorvido pela planta no processo de fotossíntese. Quando produzido a partir do reaproveitamento de resíduos, como o **sebo bovino** e o óleo de cozinha usado, destacam-se os benefícios ambientais adicionais ao se agregar valor a esses rejeitos e uma destinação adequada.



Os aspectos socioeconômicos da produção do biodiesel compreendem, dentre outros fatores, o potencial de postos de trabalho gerados em decorrência da atividade e a possibilidade de maior inclusão de agricultores familiares em sua cadeia produtiva. COSTA (2017) e PEDROTI (2013) apontam diversos avanços sociais obtidos regionalmente.

Como é a oferta de biodiesel atual?

Desde o lançamento do PNPB, em 2004, o percentual mínimo de biodiesel misturado ao óleo diesel comercializado vem crescendo gradualmente, o que consequentemente aumenta sua produção. O CNPE aprovou, por meio da Resolução nº 16/2018, o aumento da mistura para 10% de biodiesel a partir de março de 2018, antecipando em um ano o prazo máximo determinado pela lei nº 13.263, de 23 de março de 2016.



De acordo com o Anuário Estatístico do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, a **produção nacional em 2018 foi de 5,4 milhões de m³**, o que corresponde a cerca de 60% da capacidade instalada das 52 usinas do país, das quais 40 possuem Selo Combustível Social (ANP, 2019a e MAPA, 2019a). As matérias primas mais importantes para a produção de biodiesel atualmente são sebo bovino e óleo de soja. O sebo bovino representou 16,2% do total biodiesel produzido e o **óleo de soja** foi o material graxo predominante, atingindo 69,8% (ANP, 2019a).

Segundo ABIOVE (2019), em 2018 foram produzidos 123,1 milhões de toneladas de soja. Mais da metade dessa produção foi exportada, e 43,5 milhões de toneladas foram processadas, o que equivale a cerca de 35% dos grãos produzidos no país. A produção de óleo de soja nesse mesmo ano foi de 8,8 milhões de toneladas (ABIOVE, 2019). De acordo com o ANP (2019a), 3,3 milhões de

toneladas de óleo de soja foram adquiridos para produção de biodiesel em 2018, o que corresponde a 37,5% da produção de óleo de soja informada pela Abiove.

Dessa forma, das 43,5 milhões de toneladas de grão de soja processados, 16,3 milhões foram destinados para atender à demanda de biodiesel em 2018 e parte da demanda de farelo. Considerando que a produtividade média da soja na safra 2017/2018 foi de 3.394 kg/ha (CONAB, 2019), a área plantada de soja necessária para produzir a quantidade de óleo consumido para produção de biodiesel em 2018 foi de 4,8 milhões de hectares, uma área um pouco maior que o estado do Rio de Janeiro.

Como será a expansão da oferta de biodiesel nos próximos 10 anos?

A Resolução CNPE nº 16/2018 institui um cronograma de evolução do percentual obrigatório de biodiesel ao óleo diesel do B11 ao B15. Foi estipulado que o B11 entraria em vigor a partir de junho de 2019, mas esse aumento foi adiado para o início de setembro de 2019 para realização de testes complementares e ensaios de validação e utilização de Biodiesel B15 em motores de veículos (MME, 2019). Essa resolução estabeleceu 12% de biodiesel no diesel em março de 2020 e a partir de então um incremento de um ponto percentual a cada 12 meses, com o B15 previsto para 2023.

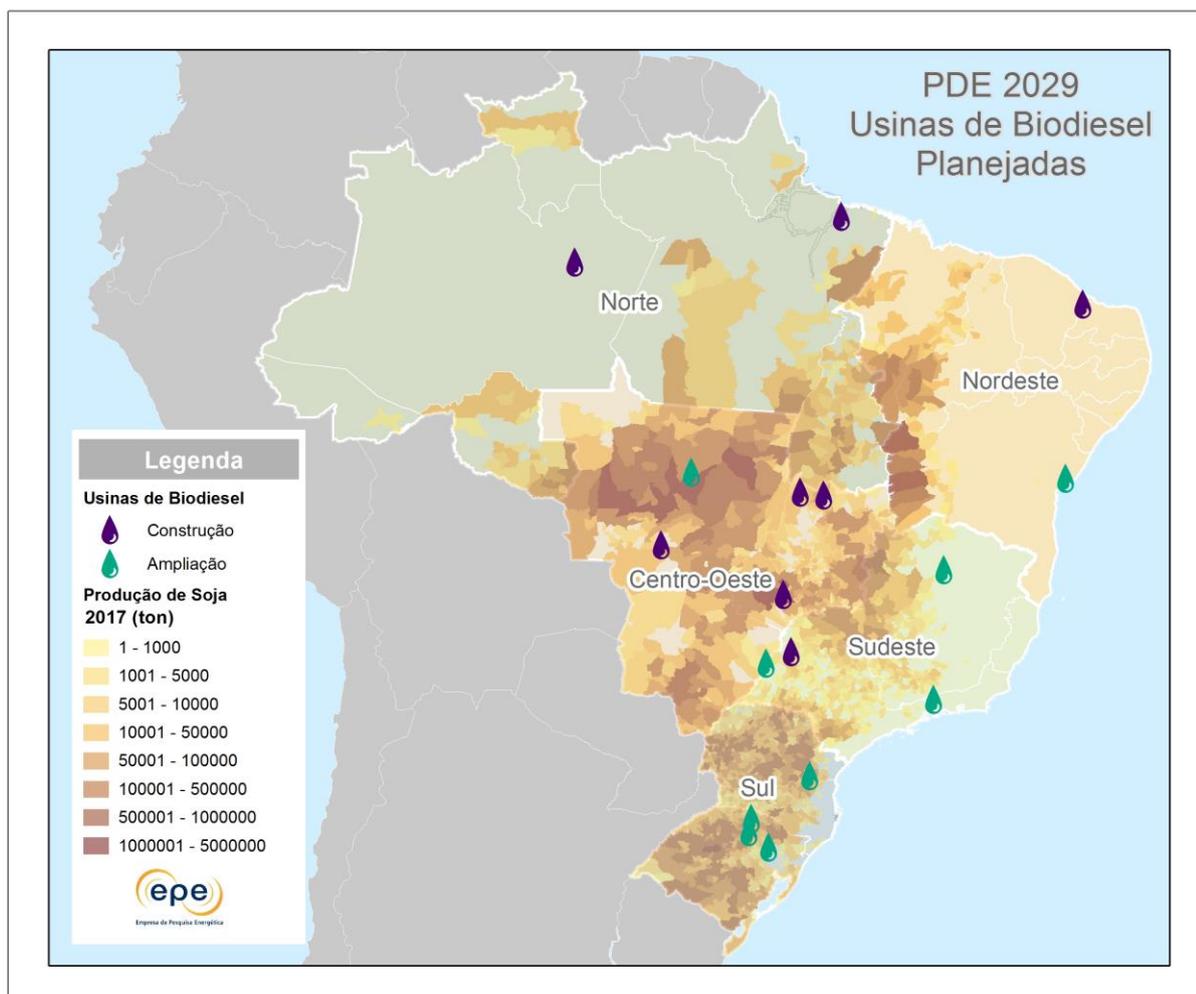


Dessa forma, o cenário de oferta de biodiesel prevê **expansão de aproximadamente 65% no horizonte decenal**, passando de cerca de 6,9 bilhões de litros, em 2020, para 11,4 bilhões de litros em 2029. Neste período a capacidade de processamento de biodiesel ampliará 4,7 bilhões de litros. Deste total, 1,5 bilhão de litros encontram-se distribuídos em oito usinas em construção, 0,8 bilhão de litros oriundos da ampliação de nove usinas, e o restante corresponde à expansão indicativa, cujos projetos serão definidos posteriormente (ANP, 2019a e b).

As ampliações de usinas existentes e as construções de novas usinas estão previstas em todas as regiões do país. Destacam-se em capacidade instalada as regiões **Centro-Oeste e Sul**, onde se observa as maiores concentrações de produção de soja do país. A Figura 20 apresenta a localização das usinas em construção³⁰, das usinas em ampliação e a produção de soja por município no ano de 2017.

³⁰ Foram consideradas as coordenadas das sedes municipais das usinas em construção.

Figura 20 – Produção de soja por município em 2017 e usinas de biodiesel planejadas



Nota: EPE, com base em IBGE, 2017 e ANP, 2019b

Quais as principais interferências e temas socioambientais da oferta de biodiesel?

Os principais aspectos que permeiam a avaliação socioambiental da expansão da oferta de biodiesel estão na fase agrícola, especialmente quando se considera a **monocultura de soja** que é associada a fatores como supressão de vegetação nativa, contaminação de água e solo por defensivos agrícolas e herbicidas, erosão e compactação de solo, dentre outros. Essa preocupação é pertinente uma vez que, como descrito acima, a área necessária para atender a demanda de biodiesel é substancial. Caso a oferta derive da expansão da área plantada de soja, é preciso levar em conta medidas que visem reduzir, mitigar e ou compensar esses impactos.



Ressalta-se, entretanto, que a soja não é plantada exclusivamente para produção de biodiesel. O óleo de soja utilizado para produção de biodiesel é um **subproduto do setor de sojicultura** e, portanto, não se pode atribuir os impactos da agricultura da soja integralmente à produção de biodiesel. Por esse motivo, entende-se que é preciso aprofundar a análise das interferências socioambientais para melhor avaliar a relação da supressão de vegetação nativa com a expansão de oferta do biodiesel. Complementarmente, é preciso analisar a atratividade econômica dos produtos

e coprodutos do setor, para melhor compreender os critérios que levam o produtor a investir na expansão da produção e, particularmente, entender o papel do biodiesel na produção da soja.

Tabela 24 - Síntese da análise socioambiental do biodiesel no PDE 2029

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Biodiesel	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>

Quais os principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão da oferta de biodiesel?

Na política de promoção do biodiesel ainda permanecem alguns desafios a serem superados, especialmente a diversificação da matriz de matérias-primas graxas e o aumento da participação da agricultura familiar na cadeia produtiva, sobretudo nas áreas mais carentes do país.

Segundo o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2017 o número de famílias e cooperativas de agricultura familiar inseridas na cadeia produtiva do biodiesel nos arranjos do **Selo Combustível Social** (SCS) diminuiu comparado ao ano anterior³¹. A produção de biodiesel em 2017 foi 13% superior à produção de 2016, mas a aquisição de matéria-prima proveniente da agricultura familiar diminuiu aproximadamente 20% (MAPA, 2019b).



Embora tenha gerado novos postos de trabalho para o homem do campo, o PNPB ainda precisa de ajustes para atender aos objetivos do programa de reduzir as disparidades regionais, dando mais ênfase ao Norte e Nordeste, e de **diversificar as matérias-primas para fabricação do biodiesel** (PEDROTI, 2013).

No horizonte decenal, a soja, por sua produção em larga escala, é a única matéria-prima capaz de atender o aumento da demanda de biodiesel. Sem políticas adequadas para fomentar outras matérias-primas, a matriz de insumos permanece restrita à **participação majoritária da soja**. Nesse sentido, seria fundamental investir em tecnologias para aumentar a produtividade a fim de evitar a expansão da área de produção, principalmente sobre áreas de vegetação nativa. Outro caminho seria aumentar a quantidade de soja processada, o que implica em menor exportação da soja em grão, destinando mais óleo para produção de biodiesel e aumentando a oferta de farelo. Neste caso, porém, é preciso atentar para a capacidade de absorção do farelo pelo mercado.

³¹ Em 2016, havia cerca de 70 mil famílias e 79 cooperativas no âmbito do SCS que movimentaram cerca de R\$ 4,3 bilhões em aquisições de matéria-prima e, em 2017, reduziu para cerca de 60 mil famílias (55 mil na região Sul) e 73 cooperativas (57 na região Sul) que movimentaram R\$ 3,5 bilhões em aquisições de matéria-prima, cerca de 20% a menos que o montante do ano anterior.



Já o principal desafio no **reaproveitamento de resíduos** para produção de biodiesel reside na logística de coleta e destinação ao produtor, como é o caso específico do óleo de cozinha. Seu potencial é muito grande, pois é produzido em grande quantidade e converte um problema ambiental em fonte de energia. Porém, sua participação como matéria prima para a produção de biodiesel ainda é pequena.

Outro ponto importante se refere ao melhoramento das **condições de logística de distribuição**. Na atual estrutura de distribuição de soja, óleo e biodiesel, predomina o modal rodoviário, ineficiente do ponto de vista econômico, energético e ambiental. Investimentos em infraestrutura ferroviária e hidroviária são importantes para que a soja e seus derivados cheguem aos principais centros consumidores com preços mais competitivos, além de menor custo ambiental.



Sobre os incentivos ao setor, umas das iniciativas mais importante para o biodiesel é a Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como **RenovaBio**, que, se bem sucedida, aumentará a fonte de receita do setor e deixará o processo produtivo mais eficiente e menos intensivo em carbono, como descrito no BOX 1. Importa salientar que os critérios de elegibilidade do produtor de biomassa para o Renovabio, conforme Resolução ANP nº 758/2018, dificultam a certificação da produção de biodiesel a partir de sua principal matéria-prima, a soja, devido à dificuldade de **rastrear a área originária do plantio dos grãos**. Essa dificuldade foi confirmada, por exemplo, pelo Relatório de Validação de Nota de Eficiência Energético- Ambiental da Biocamp que obteve elegibilidade para apenas para produção a partir de gordura animal (GREENDOMUS, 2019).

Quanto ao aumento da **participação da agricultura familiar** para a redução das desigualdades regionais, existe a Câmara Técnica de Avaliação e Acompanhamento do Selo Combustível Social, criada pela Portaria MDA nº 80/2014, com o objetivo de monitorar a participação da agricultura familiar no PNPB e auxiliar no aperfeiçoamento do Selo e nas avaliações de demandas e propostas.

Mais recentemente, no início de julho de 2019, o MAPA instituiu por meio da Portaria nº 129 o programa Brasil Mais Cooperativo, iniciativa para **fortalecer o cooperativismo rural brasileiro**, ampliar o acesso à assistência técnica especializada e fomentar e ampliar a comercialização da produção das cooperativas e associações, preferencialmente as da agricultura familiar. Esse programa será coordenado pela Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF) que definirá as metas e os indicadores a serem alcançados anualmente (MAPA, 2019c).

Finalmente, outro desafio é **aumentar o aproveitamento da glicerina** considerando o grande volume derivado da produção de biodiesel. No horizonte do PDE 2029, estima-se a produção acumulada de aproximadamente 9,7 milhões de toneladas de glicerina (100 g/ℓ de biodiesel). Para ampliar o seu mercado e agregar valor comercial, o aumento do grau de pureza da glicerina é um fator fundamental. Entretanto o processo de tratamento é custoso, sendo um investimento difícil principalmente para os pequenos produtores.

A glicerina pura tem maior valor de mercado e pode ser aplicada na indústria química, alimentícia e farmacêutica. Algumas alternativas seriam o uso para enriquecimento de rações, a recuperação de óleo em poços maduros de petróleo, a obtenção de biogás a partir de sua fermentação e a produção de plásticos. Além disso, pesquisadores da Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, publicaram recentemente uma pesquisa sobre a co-eletrólise de gás carbônico com glicerina para produção de produtos químicos que se mostrou bastante promissora, pois o consumo de energia necessário para a reação com o subproduto é 53% inferior (VERMA; LU; KENIS, 2019).

Indicadores socioambientais da expansão da oferta de biodiesel

Considerando a evolução da oferta de biodiesel, estima-se que o número de empregos diretos do setor cresça lentamente, com média de 5.100 empregos diretos por ano (conforme tabela 2), atingindo cerca de 6 mil empregos em 2029, como mostra o Gráfico 1. Observa-se que a projeção de empregos evolui de forma mais intensa como reflexo do aumento do percentual obrigatório da mistura de biodiesel ao longo dos anos, atingindo 15% em 2023. A partir daí, o mandatório é fixo em 15% e o crescimento se torna inercial e paralelo ao aumento do consumo do diesel fóssil. É importante ressaltar que os empregos gerados são diretos e foram estimados a partir da relação com a produção de biodiesel, conforme dados da Relação Anual de Informações Sociais (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019). Outro ponto importante ilustrado pela Tabela 25 é a produção média anual de glicerina, que atinge 934 mil toneladas.

Gráfico 1 – Estimativa de geração de empregos pela produção de biodiesel

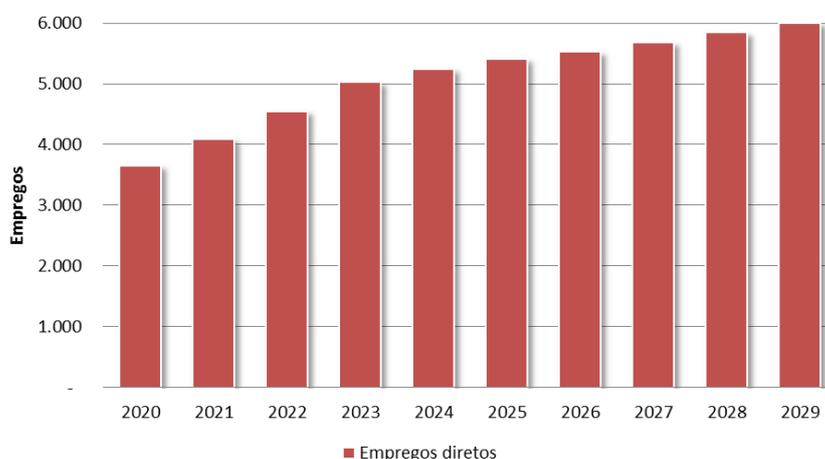


Tabela 25 – Indicadores socioambientais da expansão da oferta de biodiesel

**INDICADORES AMBIENTAIS**

Produção de glicerina como subproduto da produção de biodiesel (média anual, mil toneladas)	934
---	-----

**INDICADORES SOCIOECONÔMICOS**

Empregos diretos na produção de biodiesel (média anual)	5.100
---	-------

Nota: Indicadores estimados com base em ANP (2019a) e Ministério da Economia (2019).

6. CONCLUSÃO

A presente nota técnica traz a primeira parte da análise socioambiental do PDE 2029, apresentando os subsídios para a expansão decenal e a análise socioambiental da oferta de energia elétrica e da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis.

Os subsídios para a expansão decenal, com o objetivo de contribuir para a definição da expansão, compreenderam a avaliação processual de usinas hidrelétricas e a análise da complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural. O resultado da avaliação processual indicou 8 UHEs com entrada de operação no horizonte decenal e que serão disponibilizadas para o modelo de expansão. A análise de complexidade indicou uma redução de 14% e 17% do volume previsto para gás natural e petróleo, respectivamente, nas áreas da União ao longo do decênio. Já para as unidades produtivas o resultado indicou um prazo adicional para o licenciamento ambiental para 16 UPs.

Para cada fonte energética foram analisados seus benefícios, o parque instalado atual, a expansão planejada, as principais interferências socioambientais desta expansão, os desafios e iniciativas do setor, além dos indicadores socioambientais. Ressalta-se que, a partir das interferências identificadas, foram elencados os temas socioambientais relevantes da expansão planejada para cada fonte, por região do Brasil. Observando os temas socioambientais para as fontes de energia da expansão planejada chegou-se a 10 temas: comunidades quilombolas, fauna, organização territorial, paisagem, povos e terras indígenas, qualidade do ar, recursos hídricos, resíduos, unidades de conservação e vegetação nativa.

As análises realizadas e os temas socioambientais identificados irão subsidiar a análise socioambiental integrada apresentada no corpo do PDE 2029. O Plano também apresenta a análise das emissões de gases de efeito estufa da oferta de energia prevista.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Base de dados

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 10 jan. 2015.

FCP – Fundação Cultural Palmares. **Comunidades Remanescentes de Quilombos (Atualizada até a Portaria Nº 88/2019, de 13/05/2019)**. 2019. Disponível em: http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551. Acesso em: jun. 2019.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: mar. 2019.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Projetos de Assentamento**. 2019a. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: mar. 2019.

_____. **Terras Quilombolas**. 2019b. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: mar. 2019.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação Federais e Estaduais**. 2019. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: jul. 2019.

UHE

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 16 jul. 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Metodologia para avaliação socioambiental de usinas hidrelétricas**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

_____. **Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 5 de outubro de 1988.

_____. **Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004**. Promulga a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm. Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. **Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010**. Institui o cadastro socioeconômico para identificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, cria o Comitê Interministerial de Cadastramento Socioeconômico, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, e dá outras providências.

_____. **Lei nº 12.678, de 25 de junho de 2012.** Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Matinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei no 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12678.htm. Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. **Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015.** Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/arquivos/conteudo/cglic/pdf/PORTARIA%20INTERMINISTERIAL%20No%2060.pdf> Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. **Portaria Interministerial nº 340, de 1 de junho de 2012.** Estabelece competências e procedimentos para a execução do Cadastro Socioeconômico para fins de identificação, quantificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, nos termos previstos no Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010. Disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/pri2012340.pdf Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas - Projeto Balcar.** Rio de Janeiro, 2014.

Crédito dos ícones:

Ícone de regulação criado por Marie Van den Broeck, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Ícone de peixes criado por Maringyu e ícone reunião. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/> Acesso em: ago. 2019.

PCH

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG.** 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 16 jul. 2019.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Portaria nº 039/2017.** Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/LEGISLACAO/ARQ/PORTARIA039-2017.PDF>. Acesso em: 20 ago. 2018.

Crédito dos ícones:

Ícone de moedas criado por Adrien Coquet, ícone de discussão criado por Vanness Han, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Termelétricas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; Empresa de Pesquisa Energética. **Gás para crescer – Diretrizes Estratégicas**. Versão beta. 2016.

BRASIL. (2018a) Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018. Promulga a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, firmada pela República Federativa do Brasil, em Kumamoto, em 10 de outubro de 2013.

_____. (2018b) Decreto nº 9.616, de 17 de dezembro de 2018. Altera o Decreto nº 7.382, de 2 de dezembro de 2010 que regulamenta os Capítulos I a VI e VIII da Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, que dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição, e sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Brasil pretende construir um depósito definitivo de rejeitos? Por quê?** Disponível em: <http://www.cnem.gov.br/perguntas-frequentes#33> Acesso em: jul. 2019.

ELETRONUCLEAR. **Relatório Ambiental Simplificado: Unidade de Armazenamento Complementar de Combustível Irrradiado (Unidade UFC) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)**. Angra dos Reis, 2014.

_____. **Estudo de Impacto Ambiental de Angra 3**. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br>>. Acesso em: jan. 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Convenção Minamata**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata> Acesso em jul 2019.

UTE OESTE DE CANOAS I – **Projeto de instalação de usina termelétrica – Relatório Ambiental Simplificado**. CONSTATA Consultoria e Obras Ltda. Sergipe, 2015.

UTE NOVO TEMPO – GÁS E GERAÇÃO DE ENERGIA S.A. **Usina Termelétrica Novo-Tempo - Relatório Ambiental Simplificado**. Recife, 2014.

UTE PAMPA SUL S.A. **Usina Termelétrica Pampa Sul - Relatório de Impacto Ambiental**. 2014. Disponível em: www.ibama.gov.br Acesso em jan. 2015.

Crédito dos ícones:

Ícone de termoelétrica criado por Iconathon, ícone de ar criado por Krishna, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Termelétricas a biomassa

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biometano**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biometano> Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Nota técnica EPE 17/18: **Potencial Energético de Resíduos Florestais do manejo sustentável e de resíduos da industrialização da madeira**. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudo-potencial-energetico-de-residuos-florestais-do-manejo-sustentavel-e-de-residuos-da-industrializacao-da-madeira>. Acesso em: ago. 2019.

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Florestas Energéticas: potencial da biomassa dedicada no Brasil**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.energiaambiente.org.br/florestas-energeticas-potencial-da-biomassa-dedicada-no-brasil-1> Acesso em: jul. 2019.

QUADROS, R. et al. **A Importância do Contexto Nacional Industrial na Adoção de Políticas para o Aproveitamento Energético do Biogás Oriundo dos Resíduos Sólidos Urbanos**. *Qualitas Revista Eletrônica*, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 21-38, out. 2016. ISSN 1677-4280. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/3055>>. Acesso em: 26 set. 2018.

YKS SERVIÇOS. **Estudo de impacto ambiental - EIA: UTE TERMOIRAPÉ I E II**. Volume I. Agosto de 2015.

Crédito de ícones:

Ícone de planta energética criado por Andi Nur Abdillah, ícone de biogás criado por ProSymbols, ícone de árvores criado por Vectors Market, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Eólicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

ARAÚJO, M.A.A. **O uso do território do Rio Grande do Norte pelo setor eólico-elétrico e suas implicações nos municípios de Galinhos, Guamaré e Macau.** In: XI Encontro Nacional da ANPEGE, Presidente Prudente, 2015. 12p.

ARAÚJO, C.S. **Os impactos socioambientais do empreendimento eólico em comunidades de fundo de pasto no município de Campo Formoso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito). Universidade Federal da Bahia, 2017. 87p.

BARROS, M.A.S.; MAGALHÃES, R.G.; RUI, A.M. **Species composition and mortality of bats at the Osório Wind Farm, southern Brazil.** Studies on Neotropical Fauna and Environment, 50, p. 31-39, 2015.

BASTOS, F.A.P. **Refletindo sobre a soberania alimentar das comunidades tradicionais de Fundo de Pasto.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. 171p.

BERNARD, E. et al. **Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil.** Brazilian Journal of Nature Conservation, 12, p. 106-111, 2014.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Promoção da efetividade no BNDES.** 2018. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Hotsites/Efetividade/. Acesso em: 17 jul 2019.

BRANNSTROM, C. et al. **Is Brazilian windpower development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, p. 62-71, 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014.** Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre e dá outras providências.

CONDE, M.R. **Incorporação da dimensão ambiental no planejamento de longo prazo da expansão da geração de energia elétrica por meio de técnicas multicritério de apoio a tomada de decisão.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. 126p.

CULHARI, T.; SEREJO, F. **Metodologia de avaliação dos aspectos socioambientais em projetos: Social Return on Investment (SROI).** Workshop CEPEL Sustentabilidade de Empreendimentos Eólicos: Experiências e Perspectivas (Apresentação). Rio de Janeiro, 2018.

ESPÉCIE, M.A. et al. **Avaliação de impacto ambiental em projetos eólicos no Brasil: uma análise a partir de estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos leilões de energia.** In: 4º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, Fortaleza, 2018. 7p.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Portaria FEPAM nº 118 de 1º de dezembro de 2014.** Dispõe acerca da regulamentação do art. 3º da resolução CONAMA 462/2014 e estabelece os critérios, exigências e estudos prévios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia a partir da fonte eólica, no Estado do Rio Grande do Sul.

GÊ, D.R.F.; CARVALHO, R.G.; SILVA, M.R.F. Unidades de conservação e energia eólica No Rio Grande do Norte: o caso da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão. In: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A.J.A. (orgs.) **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**, p. 251-263, 2019.

GORAYEB, A. et al. **Wind-energy development causes social impacts in coastal Ceará State, Brazil: the case of the Xavier Community**. Journal of Coastal Research, 75, p. 383-387, 2016.

ICMBIO– Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade / Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade - Coordenação Geral de Manejo para Conservação. Cabedelo, PB. 2016. Disponível em: www.icmbio.gov.br Acesso em: jul. 2019.

MAZZOLA, V.C.; MARQUES, T. **Viabilização socioambiental de projetos eólicos**. Brasil WindPower, Rio de Janeiro, 2017.

MEIRELES, A.J.A. et al. **Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast**. Journal of Coastal Research, 65, p. 81-86, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO GOSTOSO/RN. **Lei Municipal nº 255, 6 de maio de 2014**. Dispõe sobre as limitações ao uso do solo para fins de implantação de estruturas de altura própria maior que 50m e dá outras providências.

RODRIGUEZ, S. **Considerations and concerns about wind turbine noise**. Brazil WindPower (Apresentação), São Paulo, 2019.

SACRAMENTO, A. A.O.; ZUKOWSK-JUNIOR, J.C.; VALDÉS, J.C. **Meio ambiente e a utilização de turbinas eólicas**. Revista Brasileira de Energia, 19, p. 61-75, 2013.

SANTOS, W.A.A.; MILLER, F.S. **Impactos ambientais cumulativos associados as atividades eólio-elétricas no semiárido potiguar: um case prático**. In: I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido, Natal, 2018, 13p.

SIEFERT, C.A.C.; SANTOS, I. **Avaliação do impacto visual de parques eólicos na qualidade e estética da paisagem no entorno de áreas protegidas: estudo de caso do Parque Estadual do Guartelá, PR**. Revista Ra'e Ga, 38, p. 221-244, 2016.

SILVA, N.S. **Novos olhares para o litoral cearense: a produção de energia eólica e os impactos socioambientais decorrentes dos parques eólicos Volta do Rio (Acará) e Cajucoco (Itarema) - CE, Brasil**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, 2014. 144p.

SIMAS, M.S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, 2012. 220p.

TOLMASQUIM, M. (coord.) **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p.

Crédito dos ícones:

Ícone de certificado criado Graphic Tigers, ícone de pássaro criado por Iconic, ícone de discussão em grupo criado por Robinson Moreno, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Solar

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

_____. **Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 24 jul. 2014, Sec. 1, p. 96.

IEA – International Energy Agency. **Renewables 2018. Analysis and Forecasts to 2023**. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/summary/2312?fileName=English-Renewables-2018-ES.pdf>. Acesso em julho de 2019.

IRENA – International Energy Agency. End of life management. **End of Life Management - Solar Photovoltaic Panels**. 2016.

_____. **Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2018**. 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: jul. 2019.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga> Acesso em: jul. 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html> Acesso em: jul. 2019.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia de Valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília, 2018.

Crédito dos ícones:

Ícone de usina solar criado por Nambit, ícone de trabalho em progresso criado por Delwar Hossain, ícone de floresta criado por Smalllike, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Transmissão de Energia Elétrica

ANEEL – Agência de Energia Elétrica. **Resolução Autorizativa nº 6.796, de 21 de dezembro de 2017**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/rea20176796ti.pdf>>. Acesso em: jul. 2019.

_____. **Banco de Informações de Geração – BIG.** 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 7.154, de 9 de abril de 2010.** Sistematiza e regulamenta a atuação dos órgãos da administração pública federal no que diz respeito à autorização para realização de estudos técnicos sobre potenciais de energia hidráulica e sobre a viabilidade técnica, social, econômica e ambiental de sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica em unidades de conservação federais. Brasília - DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7154.htm>. Acesso em: jul. 2019.

_____. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: ago. 2019.

_____. **Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008.** Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm. Acesso em: ago. 2019.

_____. **Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015.** Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/arquivos/conteudo/cglic/pdf/PORTARIA%20INTERMINISTERIAL%20No%2060.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

Comissão Pró-Índio. **Direitos Quilombolas. Observatório de Terras Quilombolas.** Disponível em: <http://cpisp.org.br/direitosquilombolas/>. Acesso em: ago. 2019.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Decreto s/n. de 5 de junho de 2017.** Amplia a Estação Ecológica do Taim. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mais-info/8994-esec-do-taim>. Acesso em: julho de 2019.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Maio/2019.** Brasília, 2019. 29p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/boletins-2019>>. Acesso em: julho de 2019.

FCP – Fundação Cultural Palmares. **Comunidades Remanescentes de Quilombos (Atualizada até a Portaria Nº 88/2019, de 13/05/2019).** Disponível em: http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551. Acesso em: junho de 2019.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil.** 2019. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: março de 2019.

Crédito dos ícones:

Ícone de topologia criado por Bruno Castro, ícone de montanha criado por Flatart, ícone de árvores criado por Vectors Market, ícone de brainstorming criado por ProSysmbols, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** 2019a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5237-anuario-estatistico-2019#Seção> 2 Acesso em: jul. 2019.

_____. **Banco de Dados de Exploração e Produção.** 2019b. Disponível em: www.anp.gov.br Acesso: jul. 2019.

_____. **Descomissionamento de instalações.** 2019c. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/descomissionamento-de-instalacoes> Acesso em: jul. 2019.

_____. **Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO).** 2019d. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/resolucoes-notificacoes-procedimentos-e-orientacoes/gerenciamento-de-seguranca-operacional-sgso> Acesso em: jul de 2019.

_____. **Resolução ANP nº 21, de 10 de abril de 2014.** Estabelece os requisitos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de exploração e produção de petróleo e gás natural que executarão a técnica de fraturamento hidráulico em reservatório não convencional. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2011/abril&item=ramp-21--2011> Acesso em: jul 2019.

_____. **Resolução ANP nº 27, de 18 de outubro de 2006.** Aprova o Regulamento Técnico que define os procedimentos a serem adotados na desativação de instalações e especifica condições para devolução de áreas de concessão na fase de produção. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2006/outubro&item=ramp-27--2006> Acesso em: jul 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.616, de 17 de dezembro de 2018.** Altera o Decreto nº 7.382, de 2 de dezembro de 2010 que regulamenta os Capítulos I a VI e VIII da Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, que dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição, e sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural.

_____. Ministério de Minas e Energia; Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; Empresa de Pesquisa Energética. **Gás para crescer – Diretrizes Estratégicas.** Versão beta. 2016.

_____. **Portaria Interministerial MME/MMA 198/2012.** Institui a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS. DOU, 05 abr. 2012, p. 98-99.

Biodinâmica/Petrobras. **Relatório de Impacto Ambiental do Gasoduto Japeri-Reduc.** Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Estudo de Impacto Ambiental do Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté.** São Paulo, 2007.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução nº 17, de 8 de junho de 2017.** Estabelece a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural. 2017.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Base cartográfica dos limites das UCs Estaduais e Municipais**. 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Abordagem socioambiental da expansão da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Nota Técnica DEA 29/2014. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

_____. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás**. Ciclo 2015-2017. Brasil, 2017. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética.

FADE-UFPE/Petrobras. **Relatório de Impacto Ambiental da RNEST**. RIMA Refinaria do Nordeste – Abreu e Lima – RNEST. Recife, 2006.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Base Cartográfica Delimitação das Terras Indígenas do Brasil**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://mapas.funai.gov.br> Acesso em: mai. 2019.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Guia de Monitoramento da Biota Marinha**. Ministério Do Meio Ambiente. Diretoria De Licenciamento Ambiental Coordenação-Geral De Empreendimentos Marinhos e Costeiros Coordenação De Exploração De Petróleo E Gás Outubro de 2018. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/petroleo-e-gas/diretrizes/2018-11-01-ibama-guia-de-monitoramento-da-biota-marinha-outubro.pdf> Acesso em: jul. 2018.

_____. **Ibama indefere licença ambiental para perfuração marítima na Foz do Amazonas**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/notas/1788-ibama-indefere-licenca-ambiental-para-perfuracao-maritima-na-foz-do-amazonas> Acesso em: jul. 2019.

_____. **Planos de Controle**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/informma/item/7505-estrat%C3%A9gia-nacional.html#plano-coral-sol> Acesso em: jul. 2019.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Portaria nº 422, de 26 de outubro de 2011**. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/legislacao/legislacao-ambiental-federal-de-interesse> Acesso em: ago. 2019.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Grupo de trabalho do programa de revitalização das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural em áreas terrestres – REATE**. Brasília, 2017 Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/REATE+Relat%C3%B3rio+Final+Revisado+03out17+publicado.pdf/eb110c91-4afe-4571-ba80-138e58626898> Acesso em: ago. 2019.

PETROBRAS. **Caderno Mudança do Clima**. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/mariana.barroso/Downloads/Caderno_de_mudanca_do_clima.pdf Acesso em: jul. 2019.

Crédito dos ícones:

Ícone de refinaria criado por Koson Rattanaphan, ícone de gasoduto criado por Priyanka, ícone de golfinho criado por Eddy Wong, ícone de indústria criado por Chameleon, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Etanol

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Autorização para a produção de biocombustíveis**, 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: jan. 2019

COELHO, M. F. **Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. 2009. 75p. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar-Safra 2019-2020 v. 6 - Safra 2019/20, n.1 - Primeiro levantamento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana> Acesso em: jun. 2019.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Água Indústria e Sustentabilidade**. Brasília 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro. 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2018**. Rio de Janeiro 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-167/An%C3%A1lise_de_Conjuntura_Ano%202018.pdf Acesso em: jul. 2019.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agroenergia**. Acesso em: jul. 2019

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Relatório Anual de Informações Sociais – RAIS ano-base 2018. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br> Acesso em: jun. 2019.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. Emprapa. Documentos 77, 2010.

SEABRA, J.E.A., **Avaliação Técnico-Econômica de Opções para o Aproveitamento Integral da Biomassa de Cana no Brasil**. Tese de doutorado. UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2008.

SÃO PAULO. **Protocolo Etanol mais verde**. Protocolo de intenções que celebram entre si o estado de São Paulo, por intermédio de suas secretarias de estado a agricultura e abastecimento, e de meio ambiente; A CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil, e a União da Agroindústria Canavieira do estado de São Paulo, para a superação dos desafios advindos da mecanização da colheita da cana-de-açúcar, e a adoção de ações destinadas a consolidar o desenvolvimento sustentável do setor sucroenergético no estado de São Paulo. São Paulo, 26 de junho de 2017. Disponível em: <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/2011/10/protocolo-etanol-mais-verde-2017-assinado.pdf> Acesso em: jul. 2019.

_____. **Resolução SMA nº 88, de 19 de dezembro de 2008.** Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. Disponível em: https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2008_Res_SMA_88.pdf
Acesso em: jul. 2019.

_____. **Diretivas.** 2019a. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/etanolverde/protocolo-agroambiental/diretivas/> Acesso em: jul. 2019.

_____. **Resultado das Safras.** 2019b. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/2018/08/etanol-verde-relatorio-safra-17_18.pdf Acesso em: jul. 2019.

VIEIRA, D. A. F. **As relações entre capacitação de pessoas e operação de tecnologias agrícolas em empresas do setor sucroenergético.** Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2016. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136403/vieira_daf_me_tupa.pdf?sequence=3&isAllowed=y Acesso em: jul. 2019.

Créditos de ícones:

Ícone de estação de biocombustível criado por Laymik, ícone de sem fogo criado por d3ermi Good, ícone de reciclagem criado por Line Icons Pro do, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/> Acesso em: ago. 2019.

Biodiesel

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** 2019a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5237-anuario-estatistico-2019> Acesso em: jul. 2019

_____. **Autorização para produção de biocombustíveis.** 2019b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 09 out. 2019.

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatísticas mensais do complexo soja e projeções anuais.** 2019. Disponível em: <http://abiove.org.br/estatisticas/> Acesso em: jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.

_____. **Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016.** Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018**. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica da Safra de Soja**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20> Acesso em: jul. 2019.

COSTA, A. O. **A Inserção do Biodiesel na Matriz Energética Nacional: Aspectos Socioeconômicos, Ambientais e Institucionais**. Tese de Doutorado. Programa de Planejamento Energético, 2017.

GREEN DOMUS. **Relatório de validação de nota de eficiência energético-ambiental, Projeto 1592**. 2019. Disponível em: [http://greendomus.com.br/links/consulta-publica/C1592-JBS-Biocamp-MT-RENOVABIO-2019/C1592%20Biocamp%20GPV%20009.1.1%20\(DE\)%20Relat%a2rio%20de%20Valida%87%c6o%20Parcial%20v.01.pdf](http://greendomus.com.br/links/consulta-publica/C1592-JBS-Biocamp-MT-RENOVABIO-2019/C1592%20Biocamp%20GPV%20009.1.1%20(DE)%20Relat%a2rio%20de%20Valida%87%c6o%20Parcial%20v.01.pdf) Acesso em: ago. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA): Produção Agrícola Municipal. Ano 2017**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: jul. 2019.

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo. **Relação das Empresas com Selo Combustível Social em agosto de 2019**. 2019a. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social> Acesso em set. 2019

_____. **Balanco do Selo Combustível Social**. 2019b. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social> Acesso em jul. 2019.

_____. **Portaria nº 129, de 4 de julho de 2019**. 2019c. Institui o programa de governo Brasil Mais Cooperativo, define suas diretrizes, instrumentos de implementação, instâncias de gestão, e dá outras providências.

MDA - Ministério de Desenvolvimento Agrário. **Portaria nº 80, de 26 de novembro de 2014**. Cria a Câmara Técnica de Avaliação e Acompanhamento do Selo Combustível Social.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Relatório Anual de Informações Sociais – RAIS ano-base 2017**. CNAE 2.0 Classe - Fabricação de biocombustíveis exceto álcool. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br> Acesso em: jun. 2019.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Renovabio**. 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/instrumentos>. Acesso em: jul. 2019.

_____. **Relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de Biodiesel B15 em motores e veículos Grupo de Trabalho para Testes com Biodiesel**. Brasília, 28 de fevereiro

de 2019. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/Relat%C3%B3rio+B15+Recomenda%C3%A7%C3%B5es+Agosto.pdf/b8eb91eb-a119-4bae-8295-85bcb7554628> Acesso em: jul. 2019.

PEDROTI, P. M., 2013. **Os Desafios do Desenvolvimento e da Inclusão Social: O Caso do Arranjo Político-Institucional do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. Texto para Discussão – TD1858. IPEA – Instituto de Economia Aplicada. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=19498 Acesso em: jul. 2019.

VERMA, S., LU, S., & KENIS, P. J. A. (2019). **Co-electrolysis of CO₂ and glycerol as a pathway to carbon chemicals with improved technoconomics due to low electricity consumption**. *Nature Energy*, 4(6), 466-474. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0374-6>

Créditos de ícones:

Ícone de biocombustível criado por Laymik, ícone de biocombustível criado por Georgiana Ionescu, ícone de agricultura criado por Priyanka, ícone de agricultura familiar criado por Gan Khoon Lay, ícone de reciclagem de óleo criado por Ben Davis, ícone de tanque de óleo criado por Vectors Point, ícone de folha criado por Diane e ícone de pessoas criado por asianson.design. Disponível em: <https://thenounproject.com/>. Acesso em: ago. 2019.