

Série  
ESTUDOS DO PDE 2026

NOTA TÉCNICA DEA 015/17  
**Análise socioambiental  
das fontes energéticas do PDE 2026**

Rio de Janeiro  
Junho de 2017



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**

**Ministro**

Fernando Coelho Filho

**Secretário Executivo**

Paulo Jerônimo Bandeira de Mello Pedrosa

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**

Eduardo Azevedo Rodrigues



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**

Luiz Augusto Nobrega Barroso

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**

Ricardo Gorini de Oliveira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Amílcar Guerreiro

**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" Sala 744 - Brasília - DF BRASIL  
CEP:70.065-900

**Escritório Central**

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar  
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

**Série  
ESTUDOS DO PDE 2026**

**NOTA TÉCNICA DEA 015/17  
Análise socioambiental  
das fontes energéticas do PDE 2026**

**Coordenação Geral**

Luiz Augusto Nobrega Barroso  
Ricardo Gorini de Oliveira

**Coordenação Executiva**

Isaura Maria Ferreira Frega

**Equipe Técnica**

Alfredo Lima Silva  
Ana Dantas Mendez de Mattos  
André Cassino Ferreira  
André Viola Barreto  
Bernardo Regis de G. de Oliveira  
Clayton Borges da Silva  
Cristiane Moutinho Coelho  
Daniel Dias Loureiro  
Federica Natasha A. Sodr e  
Guilherme de Paula Salgado  
Gustavo Fernando Schmidt  
Hermani de Moraes Vieira  
José Ricardo de Moraes Lopes  
Juliana Velloso Durão  
Kátia Gisele Soares Matosinho  
Leyla Adriana Ferreira da Silva  
Luciana  lvares da Silva  
Marcos Ribeiro Conde  
Mariana Lucas Barroso  
Paula Cunha Coutinho  
Pedro Nin  de Carvalho  
Robson O. Mattos  
Rodrigo Vellardo Guimarães  
Valentine Jahnel  
Veronica S. M. Gomes

Rio de Janeiro  
Junho de 2017

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

---

Série

**ESTUDOS DO PDE 2026**  
**NOTA TÉCNICA DEA 015/17**  
**Análise socioambiental**  
**das fontes energéticas do PDE 2026**

## SUMÁRIO

<b>ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2. PREMISSAS E CRITÉRIOS</b>	<b>7</b>
<b>3. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>8</b>
3.1 HIDRELÉTRICAS	8
3.2 PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	15
3.3 TERMELÉTRICAS	19
3.4 TERMELÉTRICAS A BIOMASSA	24
3.5 EÓLICAS	27
3.6 SOLAR	30
3.7 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	35
<b>4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS</b>	<b>42</b>
4.1 PRODUÇÃO E OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E DERIVADOS	42
4.2 ETANOL	50
4.3 BIODIESEL	55
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>61</b>

# ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL

## 1. INTRODUÇÃO

As premissas e os critérios utilizados na análise socioambiental do PDE 2026 foram orientados pelo conceito de sustentabilidade, como nos ciclos de planejamento anteriores. Dessa forma, os estudos socioambientais foram desenvolvidos de modo a considerar questões associadas:

- à redução dos impactos locais e globais na utilização das fontes de energia;
- ao uso de fontes renováveis;
- à minimização dos impactos sobre a população e o meio ambiente;
- às discussões em âmbito nacional e internacional sobre mudança do clima.

A análise socioambiental do PDE 2026 compreende:

1. a **análise de cada fonte energética**, com o objetivo de avaliar as condições em que as interferências dos projetos previstos poderiam ocorrer sobre o meio natural e a sociedade;
2. a **análise integrada**, que, com subsídios da etapa anterior, identifica as interferências potenciais de cada fonte sobre as sensibilidades socioambientais mais significativas de cada região brasileira, permitindo compor uma visão de conjunto da expansão da oferta de energia. Como resultado, apresenta os temas prioritários para a gestão ambiental no âmbito do setor e os desafios socioambientais importantes a serem enfrentados no horizonte de planejamento;
3. a **análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE)**, decorrentes da oferta de energia adotada no PDE 2026. A apreciação dos resultados toma por referência as negociações internacionais sobre mudança do clima e os compromissos assumidos pelo país.

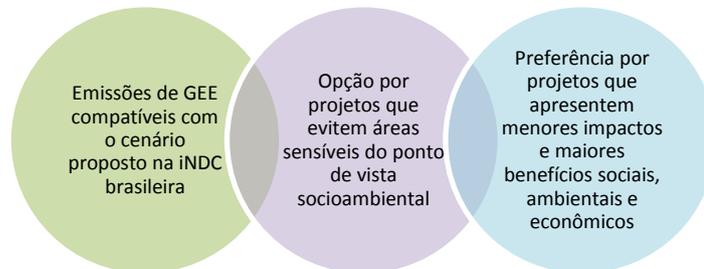
Esta Nota Técnica trata do primeiro ponto, a análise socioambiental de cada fonte energética, que compreende a análise socioambiental da oferta de energia elétrica (hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas, termelétricas, termelétricas a biomassa, eólicas, solar e transmissão de energia elétrica) 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 integrada e a análise das emissões de gases de efeito estufa são apresentadas no documento do PDE 2026.

## 2. PREMISSAS E CRITÉRIOS

A Figura 1 apresenta as premissas consideradas no desenvolvimento da análise socioambiental do PDE 2026:

Figura 1 – Premissas da análise socioambiental do PDE



No PDE 2026 foi considerada a mesma metodologia da análise socioambiental utilizada nos três últimos Planos, sendo adotada uma abordagem de acordo com cada fonte energética em razão de suas particularidades. Destaca-se que neste ciclo de planejamento foi incluída a abordagem socioambiental dos derivados do petróleo e a análise de cada fonte energética foi orientada pelas seguintes questões:

1. Quais os principais benefícios do uso da fonte?
2. Qual a situação atual da fonte? Como é o sistema existente?
3. Como e onde está a expansão decenal?
4. Quais as interferências socioambientais relevantes que permeiam a fonte no horizonte decenal?  
Quais os principais temas socioambientais?
5. Quais os indicadores socioambientais dessa expansão?
6. Quais os principais desafios socioambientais relacionados à fonte e iniciativas para a gestão?

Essa mudança na abordagem da análise buscou uma padronização, uniformidade e objetividade nas análises socioambientais realizadas para as diversas fontes e tipologias de empreendimentos previstos no horizonte decenal, mas tendo em vista as especificidades de cada uma delas.

### 3. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA

#### 3.1 HIDRELÉTRICAS

A fonte hídrica é renovável, uma vez que tem como combustível a água, em constante renovação pelo ciclo hidrológico. Além disso, a geração de energia numa usina hidrelétrica não implica em consumo de água, ficando o recurso hídrico disponível para outros usos após esta etapa. Justamente por este motivo, a hidroeletricidade é uma fonte economicamente competitiva, com baixo custo de operação quando comparada a outras fontes.

Hidrelétricas, em geral, apresentam baixa emissão de gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ )<sup>1</sup>, principalmente quando comparadas a usinas termelétricas que utilizam combustíveis fósseis. Sendo assim, dada a sua participação atual, a hidroeletricidade é a principal fonte que contribui para as baixas taxas de emissão de gases de efeito estufa provenientes da matriz elétrica brasileira.

Outro benefício da hidroeletricidade é a flexibilidade operativa, sendo capazes de assumir, de forma rápida e eficaz, as oscilações de tensão ou de frequência decorrentes de eventuais desbalanços entre oferta e demanda. Usinas hidrelétricas, principalmente as que possuem reservatórios de acumulação, são tecnologias capazes de dar suporte à integração de fontes renováveis intermitentes no sistema elétrico, e são eficientes no armazenamento de energia elétrica, na forma de volume de água.

Por fim, destaca-se o desenvolvimento social e econômico obtido a partir do avanço da indústria hidrelétrica no Brasil. O investimento nessa fonte estimulou a produção interna de equipamentos e turbinas hidráulicas, assim como a formação de mão-de-obra especializada em diferentes áreas, sendo o país referência no mercado internacional, exportador de tecnologia e conhecimento para outros países.

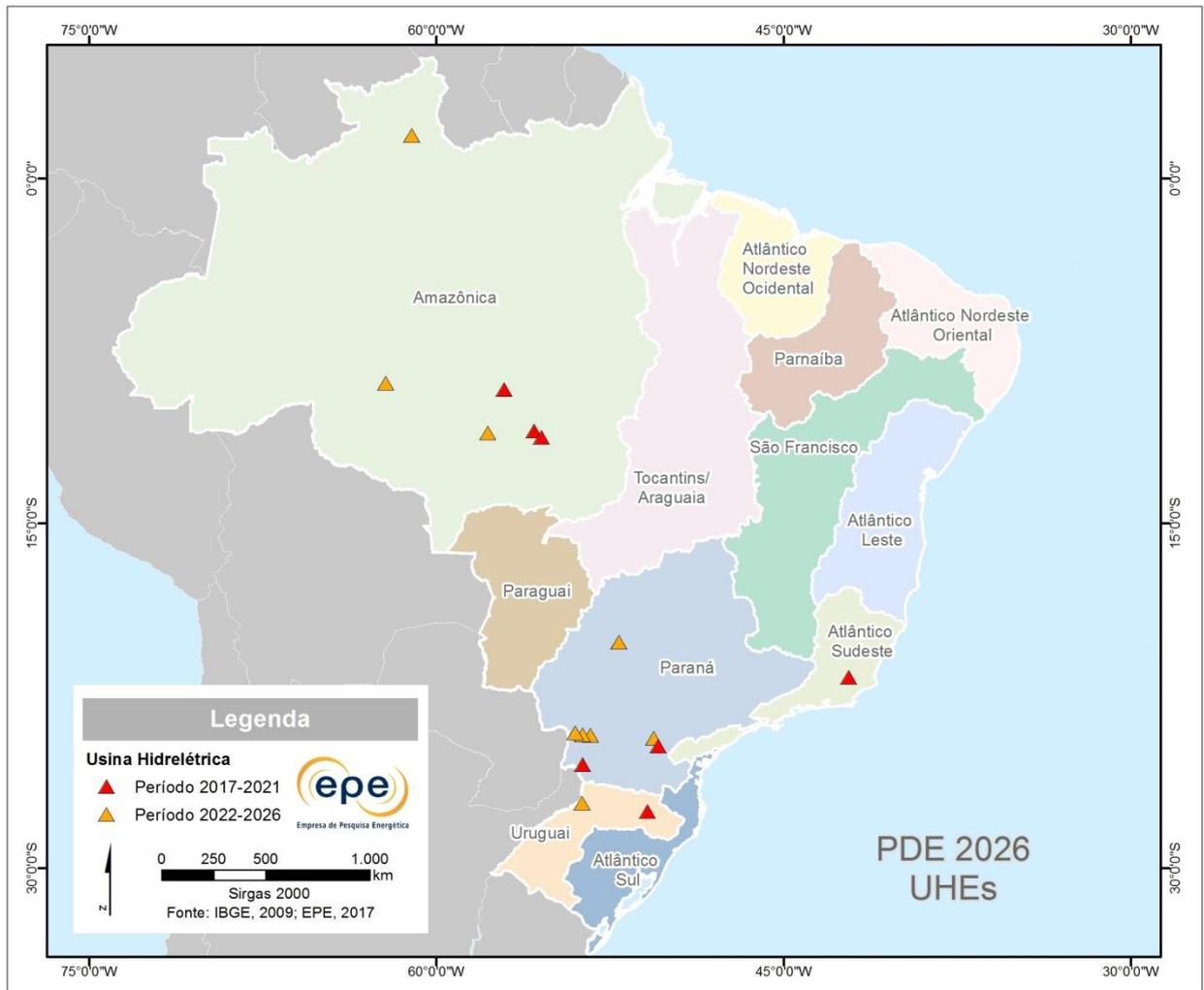
Atualmente 80% da matriz elétrica brasileira é composta por fontes renováveis, sendo a hidroeletricidade responsável por 64% da potência instalada (ANEEL, 2017). O parque hidrelétrico existente é composto 219 usinas hidrelétricas (UHEs) em operação, totalizando 101 GW de potência instalada. A maior parte das UHEs está situada no sudeste e no sul do Brasil, nas bacias do Paraná e Atlântico Sudeste.

A expansão da oferta de energia elétrica no horizonte decenal prevê a implantação de 16 UHEs distribuídas por quase todas as regiões geográficas do país, totalizando aumento de 4.553 MW na potência instalada do parque hidrelétrico brasileiro. O primeiro período do horizonte (2017-2021) é composto por usinas que já dispõem de Licença Prévia (LP), passaram pela avaliação de sua viabilidade técnica, econômica e ambiental e pelo leilão de expansão da oferta de energia, estando em fase de implantação. Para esse período estão previstas 7 UHEs, que somam 2.111 MW de potência instalada. Para o segundo período (2022-2026), estão planejadas outras 9 UHEs, somando 2.442 MW.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial das UHEs previstas no PDE 2026 por região hidrográfica e período de entrada em operação.

<sup>1</sup> A publicação Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas, do Projeto BALCAR (Brasil, 2014d) investigou 8 reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras. Apenas o reservatório da UHE Balbina apresentou emissões equivalentes de gás carbônico maiores do que usinas termelétricas.

Figura 2 – Localização das usinas hidrelétricas planejadas no PDE 2026



A região hidrográfica Amazônica, onde se localiza grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro ainda não explorado, concentra seis projetos e a maior parte (57%) da potência instalada no decênio. Em seguida, destaca-se a região hidrográfica do Paraná com 20% da potência instalada prevista no Plano e sete projetos. Na região hidrográfica do Uruguai estão previstos 2 projetos e 19% da potência planejada. E no Atlântico Sudeste, 1 projeto e 3% da potência planejada.

A análise socioambiental da expansão hidrelétrica prevista no PDE 2026 foi baseada na metodologia utilizada nos ciclos anteriores, que compreende primeiramente uma avaliação processual (EPE, 2012a) e posteriormente uma avaliação socioambiental (EPE, 2012b).

### Avaliação processual

A avaliação processual tem como objetivo estimar o ano possível para entrada em operação das UHs que encontram-se na fase de estudos. A avaliação considera os prazos necessários para o desenvolvimento dos estudos técnicos de engenharia e ambientais, para o licenciamento ambiental e para a construção da UHE. O resultado da avaliação contribui para a definição das UHs que farão parte da expansão decenal no período

2022-2026, uma vez que as UHEs do período 2017-2021 têm sua data de entrada em operação determinada pelo contrato de concessão.

Para a estimativa da data de entrada em operação das UHEs foram considerados os prazos para desenvolvimento dos estudos anteriores ao leilão adicionados do prazo posterior ao leilão (cinco anos). Os prazos anteriores ao leilão representam o tempo necessário para a emissão do termo de referência (TR) pelo órgão ambiental para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), para a conclusão do Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) e do EIA e para a obtenção da licença prévia (LP). De acordo com as características de cada 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 complementações solicitadas pelos órgãos ambientais e demais órgãos intervenientes. Isso explica o motivo de certas usinas, mesmo com estudos em andamento, não terem operação prevista para o horizonte decenal.

Das 9 UHEs do período 2022-2026, cinco usinas estão com o EIA/Rima entregue (Apertados, Ercilândia, Foz do Piquiri, Tabajara e Telêmaco Borba), duas com EIA/Rima ou ECI em elaboração (Castanheira e Porto Galeano), uma tem TR emitido pelo órgão ambiental (Bem Querer) e uma está aguardando posição do órgão ambiental (Itapiranga).

### Avaliação socioambiental

A avaliação socioambiental contemplou as UHEs previstas para a expansão do PDE 2026 e considerou as características dos projetos e das regiões onde estão inseridos, atentando para os impactos e benefícios associados a cada UHE. Como na metodologia utilizada nos ciclos de planejamento anteriores (EPE, 2012b), a avaliação foi baseada em nove indicadores de impactos (ambientais e socioeconômicos) e benefícios socioeconômicos, que são listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Indicadores da avaliação socioambiental de UHEs

Classificação	Indicadores
Impactos ambientais	perda de vegetação nativa
	transformação de ambiente lótico em léntico
	interferência em unidade de conservação
Impactos socioeconômicos	população afetada
	interferência em terra indígena
	interferência na infraestrutura
Benefícios socioeconômicos	geração de empregos
	incremento temporário na arrecadação municipal (ISS)
	incremento permanente na arrecadação municipal (compensação financeira)

Os indicadores buscam representar os principais impactos e benefícios que são frequentemente associados à implantação de projetos hidrelétricos, sem a pretensão de abordar todas as questões que permeiam uma UHE. Cabe ressaltar que foi necessário levar em conta aspectos como a mensuração dos indicadores, a existência e a qualidade de dados, bem como as particularidades dos projetos. Com isso, a partir do panorama

geral do conjunto de usinas previsto no plano, procurou-se realizar análise comparativa, de acordo com as interferências mais relevantes identificadas.

As maiores perdas de vegetação nativa foram observadas nos projetos situados na região Amazônica. Tal resultado já era esperado, pois a região se destaca pelo elevado grau de preservação dos seus ecossistemas e pela riqueza de ambientes e de diversidade biológica. Como o indicador busca refletir os efeitos associados à supressão da vegetação nativa, como a perda de habitats e de biodiversidade, naturalmente, as transformações decorrentes da implantação de UHEs na região serão mais significativas. Por outro lado, mesmo com as UHEs associadas a menores perdas de área absoluta de vegetação nativa, o tema foi considerado relevante para região Sul também. Esta avaliação se justifica pela quantidade de projetos previstos (oito) e levando-se em conta a importância dos remanescentes ainda existentes.

O indicador de transformação do ambiente lótico (referente a águas rápidas) em lântico (relativo a águas paradas ou lentas) visa contemplar os efeitos negativos do barramento e da formação do reservatório para os ecossistemas aquáticos, a partir da extensão do rio que será alagado. Todos os processos impactantes decorrentes dessas transformações implicam na perda de habitats dos ecossistemas aquáticos, resultando em alterações da biodiversidade aquática.

Na mesma linha do indicador de vegetação nativa, as maiores extensões de rio alagado foram verificadas para os projetos situados na região Amazônica, que tem como característica marcante a presença de rios de grande porte com muitos ambientes exclusivos e alta biodiversidade aquática.

A maioria dos projetos localizados na regiões Sul e Sudeste figuram entre os que apresentam menor trecho de rio alagado. Porém, deve-se lembrar que a condição do ecossistema aquático é particularmente importante nessas regiões em função das bacias e rios já estarem com a sua conectividade bem comprometida com a quantidade de barramentos existentes.

Como mencionado, grande parte da expansão hidrelétrica é na região hidrográfica Amazônica (seis UHEs, que representam 57% da potência do Plano), região que possui grandes extensões de áreas protegidas, inclusive unidades de conservação. Entretanto, não há sobreposição de projetos com unidades de conservação nesta região. Na região Sul, dois projetos se sobrepõem à Área de Proteção Ambiental (APA) e na região Norte, um projeto afetava UC, que foi redelimitada possibilitando a implantação da UHE.

Cabe citar que o indicador de unidade de conservação busca avaliar a interferência dos projetos em territórios com gestão especial devido à relevância de suas características naturais. Quando os projetos afetam as unidades de conservação, o órgão responsável pela gestão da unidade deve se manifestar quanto a concessão da autorização para o licenciamento ambiental desses projetos. O órgão ambiental licenciador deve ainda consultar o órgão responsável pela gestão da unidade quando o projeto está localizado na zona de amortecimento ou zona circundante dessas unidades. Caso seja necessária a redelimitação da unidade de conservação para implantação do projeto, como ocorreu com um projeto deste PDE, medidas compensatórias serão adotadas, podendo inclusive haver incorporação de outras áreas às unidades afetadas.

Considerando os aspectos expostos acima, aliados às tratativas e conflitos relacionados à questão das áreas protegidas, entende-se que o tema é relevante para a viabilização da expansão hidrelétrica, especialmente na região Amazônica.

Em relação aos aspectos socioeconômicos, observou-se que nenhum dos 16 projetos interferem diretamente em terras quilombolas ou em terras indígenas (delimitadas ou em fase posterior do processo demarcatório das terras indígenas). Entretanto, seis UHEs estão situadas a até 40 km de terras indígenas na Amazônia Legal e a 15 km nas demais regiões, conforme limites estabelecidos na Portaria Interministerial nº 60/2015<sup>2</sup>. Essas distâncias são consideradas como referência para a elaboração de estudo específico sobre os povos e terras indígenas, o Estudo do Componente Indígena – ECI, no qual é realizado um diagnóstico, uma avaliação de impactos e a proposição de medidas e programas para os povos indígenas.

O tratamento especial da legislação reflete a preocupação com os efeitos da implantação de empreendimentos sobre os índios, haja vista a sensibilidade particular desses povos. Portanto, independente de haver sobreposição dos projetos com terras indígenas, o processo de implantação de UHEs na região Amazônica – que concentra tanto a maior parte das populações quanto 98% da área das terras indígenas no Brasil – é complexo, fato confirmado pelo histórico de conflitos observados.

Em relação a um outro indicador, o de população afetada, os maiores contingentes populacionais foram verificados em projetos da região Sul e Sudeste do Brasil, devido ao fato de estarem em áreas mais densamente ocupadas. Entretanto, quando observamos a interferência na infraestrutura, os projetos situados na região Amazônica apresentaram maiores interferências pois os municípios são menos estruturados, o que resulta em uma maior demanda por infraestrutura e serviços locais. Assim sendo, a organização territorial é um tema relevante para todas as regiões em que se prevê expansão hidrelétrica.

No que se refere ao número de empregos gerados, os projetos da região Amazônica, os quais somam as maiores potências do conjunto são os que geram mais empregos no pico das obras e que possuem os maiores incrementos de arrecadações para os municípios em que estão inseridos. Dessa forma, no conjunto, essas usinas são as que trazem os maiores benefícios econômicos locais. As 16 UHEs previstas para o decênio contribuirão com aproximadamente 34.000 empregos nos picos das obras e R\$ 74 milhões, em 2026, relativos à compensação financeira.

Destaca-se, ainda, que a avaliação não considerou os benefícios de âmbito regional ou nacional, como a geração de energia, e até global, como a contribuição para o controle das emissões de GEE.

Portanto, a partir dos indicadores utilizados na avaliação socioambiental, chegou-se a conclusão que os temas biodiversidade aquática e organização territorial são importantes para todas as regiões onde é prevista expansão hidrelétrica. Particularmente para a região Amazônica (Norte e Centro-Oeste), os temas áreas protegidas, povos e terras indígenas e vegetação nativa se mostraram relevantes, sendo que este último também foi importante para a região Sul.

A Tabela 2 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica no decênio.

<sup>2</sup> Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

**Tabela 2 – Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica**

<b>AMBIENTAIS</b>	
Área alagada (km <sup>2</sup> )	1.683 (0,02% do território nacional)
Área alagada por potência instalada (km <sup>2</sup> /MW)	0,37 (UHE existentes: 0,44 km <sup>2</sup> /MW)
Perda de vegetação nativa (km <sup>2</sup> )	997 (0,02% da área da Amazônia Legal)
Perda de vegetação nativa por MW (km <sup>2</sup> /MW)	0,22
Transformação do ambiente lótico em léntico (km)	1.475
Nº de UHEs com interferência em UC de proteção integral	nenhuma das 16 UHEs
Nº de UHEs com interferência em UC de uso sustentável	2 das 16 UHEs
<b>SOCIOECONÔMICOS</b>	
População diretamente afetada (hab.)	aproximadamente 15 mil
População diretamente afetada por MW (hab./MW)	3,4
Interferência na infraestrutura (população atraída/população dos municípios)	0,31
Nº de UHEs que interferem em quilombos	nenhuma das 16 UHEs
Nº de UHEs que interferem diretamente em TI	nenhuma das 16 UHEs
Nº de UHEs situadas até 40 km de TI na Amazônia Legal e 15 km nas demais regiões	6 de 16 UHEs
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1)</sup>	34 mil
Empregos diretos gerados no pico das obras por MW (empregos/MW)	7,6
Compensação financeira em 2026 (R\$ milhões) <sup>(2)(3)</sup>	74 (4% da compensação financeira paga em 2016 por todas as UHEs em operação)
Compensação financeira para os estados no decênio (R\$ milhões) <sup>(2)</sup>	210
Compensação financeira para os municípios no decênio (R\$ milhões) <sup>(2)</sup>	210
ISS gerado nas obras no decênio (R\$ milhões)	667

Notas: (1) Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para 16 UHEs, 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 2017 (R\$ 72,20) para todo o horizonte decenal. (3) Montante de arrecadação, no ano de 2026, da compensação financeira definida pela Lei nº 9.884/2000, considerando as parcelas destinadas aos estados, municípios e à União.

O fato do potencial hidrelétrico localizar-se predominantemente na região Amazônica, onde se tem também a maior extensão de áreas legalmente protegidas do país, UCs e TIs, aumenta a probabilidade de haver interferências das UHEs planejadas nestas áreas. A falta de regulamentação quanto aos dispositivos legais e normativos referentes aos povos e comunidades tradicionais, além da incerteza quanto aos encaminhamentos do processo de licenciamento ambiental de UHEs com interferência em unidades de conservação, influencia de forma expressiva o prazo para a entrada em operação das usinas planejadas. Em muitos casos, a viabilização dessas UHEs implica em estudos adicionais, consultas diversas e processos complexos de licenciamento ambiental, dentre outras demandas.

Observa-se também que, independentemente da UHE interferir em área protegida, a data de entrada em operação reflete os longos prazos verificados ultimamente no processo de licenciamento ambiental. Entre outros fatores, contribuem para a morosidade do processo as solicitações de complementações dos estudos cada vez mais frequentes, a qualidade dos estudos realizados, a demora dos órgãos intervenientes em

manifestar-se, a demora na emissão do parecer técnico conclusivo do órgão licenciador e a tendência à judicialização do processo, evidenciada pelos diversos inquéritos e ações civis públicas movidos.

Embora cada UHE tenha suas peculiaridades, todas abordam questões complexas envolvendo aspectos socioambientais, levando diversos setores da sociedade a questionarem seus impactos e benefícios. Nesse contexto, nos últimos anos, o setor energético vem enfrentando desafios para desenvolver as UHEs planejadas. Alguns desafios surgiram em função do potencial estar localizado em áreas preservadas. Parte decorreu da maior participação da sociedade nas discussões socioambientais relacionadas sobretudo aos grandes empreendimentos, o que provocou alterações na dinâmica do processo de licenciamento ambiental. Por fim, outros desafios se dão em função da necessidade cada vez maior de articulação entre diferentes órgãos governamentais para realização de projetos intersetoriais.

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 destacados 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 UCs<sup>3</sup>; ou as discussões quanto à sobreposição de potencial hidrelétrico e propostas de criação de unidades de conservação.

Ressalta-se também a mobilização do setor acerca das questões sociais e legais no âmbito do planejamento energético, tais como: a participação na proposta que instituiu a Lei Geral de Licenciamento Ambiental<sup>4</sup>; a regulamentação da atuação dos órgãos e entidades federais envolvidos no processo de licenciamento ambiental<sup>5</sup>; a instituição do cadastro socioeconômico da população atingida por empreendimentos de geração de energia elétrica<sup>6</sup>; e o esforço para a regulamentação dos mecanismos de consulta nos moldes da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT<sup>7</sup> e para a regulamentação do artigo 231 da Constituição Federal<sup>8</sup>.

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> A proposta substituiu o PL 3.729/2004 que dispõe sobre o licenciamento ambiental.

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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 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 apresentados os planos cadastrais dos aproveitamentos: AHE São Luiz do Tapajós, AHE Jatobá, AHE Tabajara, AHE Garabi e AHE Panambi.

<sup>7</sup> 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 não existe regulamentação sobre o procedimento de consulta. A Portaria Interministerial nº 35, de 27 de janeiro de 2012 - Institui Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de estudar, avaliar e apresentar proposta de regulamentação da Convenção nº 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais, no que tange aos procedimentos de consulta prévia dos povos indígenas e tribais. Desde então o grupo de trabalho vem realizando suas atividades.

<sup>8</sup> 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.

Outro projeto interessante é a realização de estudos voltados para o desenvolvimento regional sustentável de áreas onde poderão ser implantadas usinas hidrelétricas estruturantes. Estudos desta natureza são especialmente relevantes para a gestão socioambiental de regiões que possuem a perspectiva da implantação de grandes empreendimentos. Nesse sentido, está sendo conduzido pelo MME o Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável para implantação de usinas hidrelétricas estruturantes.

Por fim, cabe citar a Política Nacional dos Atingidos por Barragens de Geração de Energia Hidrelétrica que vinha sendo discutida pelos órgãos envolvidos na elaboração de uma minuta de decreto. A proposta foi incorporada ao Projeto de Lei nº 1.486/2007, que está sendo analisado na Câmara dos Deputados.

As iniciativas citadas acima refletem o esforço governamental para aprimorar a gestão socioambiental dos projetos hidrelétricos previstos. 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.

### 3.2 PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Conceitualmente, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) se caracterizam por apresentar potência instalada entre 3 e 30 MW e área de reservatório inferior a 13 km<sup>2</sup>, excluída a calha do leito regular do rio (ANEEL, 2015). Por simplificação, nesta análise são considerados também os empreendimentos com potência instalada inferior a 3 MW.

A hidroeletricidade é uma fonte renovável e contribui com a estratégia brasileira de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). De modo geral, as PCHs são construídas em pequenos e médios rios, geralmente próximas aos centros de carga, o que reduz custos e perdas no sistema, uma vez que não há a necessidade de extensas linhas de transmissão. A flexibilidade operativa de hidrelétricas, ainda que de pequeno porte, permite a operação dessas na base, na ponta ou ainda, em casos específicos, como reserva. Além de contribuir para a segurança no abastecimento de energia, sua operação favorece a eficiência do sistema elétrico, por exemplo, controlando a tensão e provendo energia reativa.

Embora o custo da energia produzida por uma PCH seja, em geral, superior ao de grandes hidrelétricas, ainda se apresenta competitivo frente ao custo de outras formas de geração. Assim como as UHEs, PCHs apresentam baixo custo operacional e longa vida útil. Devido ao seu menor porte, suas obras apresentam custos totais menos elevados e menor período construtivo (em geral 3 anos). Esses fatores atraem pequenos e médios investidores e aqueles que buscam um retorno mais rápido.

Ressalta-se, ainda, que essas usinas podem ser implantadas com conhecimento, tecnologia, equipamentos e materiais totalmente nacionais, promovendo o desenvolvimento econômico do país e a geração de empregos. Nessa área, o Brasil detém o conhecimento ao longo de toda a cadeia produtiva, inclusive nas áreas de otimização de projetos de turbinas hidráulicas e destacadamente de engenharia civil, áreas em que o país exporta conhecimento.

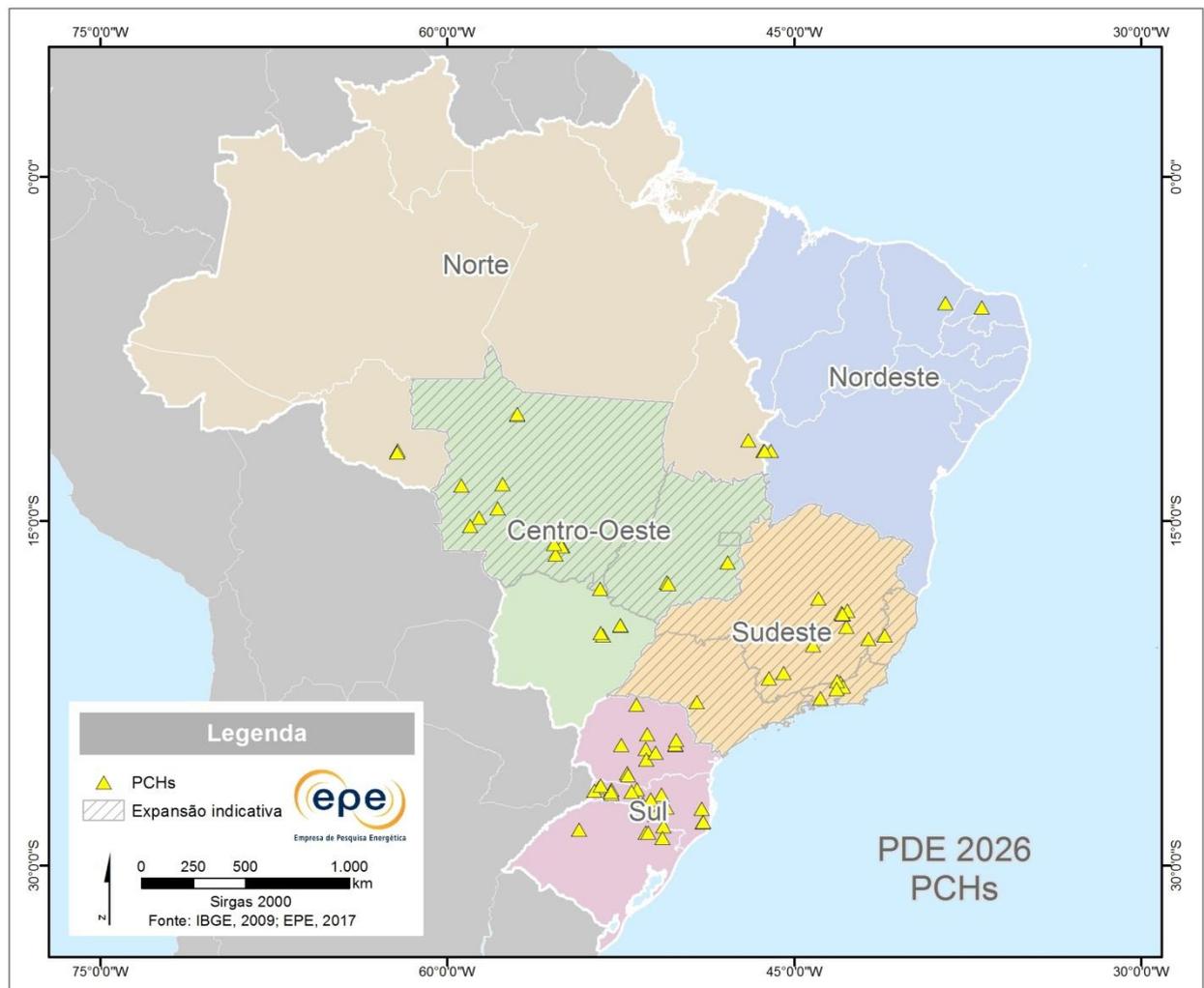
Pequenas centrais hidrelétricas, normalmente, operam a fio d'água, o que resulta em reservatórios com pequenas áreas alagadas e pequenos volumes. Se por um lado a geração de energia é reduzida durante os períodos de seca, por outro, a reduzida área dos reservatórios faz com que os impactos socioambientais normalmente relacionados à formação destes, como a interferência em áreas de vegetação nativa ou em propriedades, sejam de menor monta.

Atualmente, a capacidade instalada de PCHs no país é de 4.943 MW, distribuída em 437 usinas. Além disso, há outras 589 usinas com potência inferior a 3 MW, que somam mais 491 MW de potência ao sistema (ANEEL, 2017). Esta capacidade está distribuída principalmente entre as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, cada uma com cerca de 30% de participação.

Para a expansão decenal é prevista, na primeira metade do horizonte de planejamento, a entrada de 840 MW de potência, distribuídos em 76 usinas. Já na segunda metade (expansão indicativa), está planejada a entrada de mais 1.500 MW, perfazendo assim o total de 2.340 MW ao longo de todo horizonte decenal.

Como mostrado na Figura 3 a expansão planejada para todo o horizonte decenal localiza-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. No Norte e no Nordeste, a expansão é pouco expressiva.

Figura 3 – Localização da expansão de PCHs planejada no PDE 2026



O Sul, o Sudeste e o Centro-Oeste se caracterizam por serem mais densamente ocupados e representam importantes centros de carga. Também nessas regiões é onde se tem maior conhecimento sobre o potencial energético dos rios e há maior concentração de empreendimentos hidrelétricos, sejam PCHs ou UHEs, atualmente em operação.

No contexto das regiões Sul e Sudeste, ainda que as áreas alagadas sejam relativamente pequenas, a interferência em vegetação nativa é relevante, já que muitos dos projetos se situam sob domínio do bioma Mata Atlântica. De maneira geral, estas regiões são bem antropizadas, com poucos remanescentes de vegetação nativa, o que faz com que o bioma Mata Atlântica tenha restrições e proteção legal específicas.

Embora o Centro-Oeste ainda disponha de grandes áreas preservadas, a região está num contexto de pressão sobre estas, principalmente em função da expansão da fronteira agrícola. Assim, foi considerada relevante também para essa região a intervenção em vegetação nativa.

Ainda, salienta-se que quase sempre as PCHs se localizam em tributários de menor porte e regiões de cabeceira das bacias hidrográficas, áreas importantes para a biodiversidade aquática por serem estratégicas para a reprodução de peixes e por comumente apresentarem elevado grau de endemismo.

Nesse contexto, a implantação de um conjunto de empreendimentos em uma mesma bacia hidrográfica pode gerar efeitos cumulativos e sinérgicos significativos, sobretudo nos ecossistemas aquáticos, que são os mais afetados por uma sequência de barramentos. Essa situação é particularmente importante para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, haja vista a expansão prevista e a grande quantidade de barragens existentes.

Do ponto de vista social, cumpre salientar a possibilidade de impactos sobre a população local, tanto negativos quanto positivos, gerados pela implantação dos empreendimentos, ainda que em pequena escala. 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 a proximidade com estas frequentemente resulta em conflitos e em maior complexidade no processo de licenciamento ambiental.

Em contrapartida, a construção de PCHs representa importante oportunidade de empregos e renda para as populações das regiões onde estão inseridas, especialmente por priorizarem a contratação de mão de obra local, diminuindo a atração populacional e os impactos associados a este fenômeno. Ao longo do horizonte decenal é esperada a geração de um total de cerca de 47.000 empregos diretos, considerando os trabalhadores no pico da obra de cada projeto.

Além disso, outros benefícios econômicos e sociais associados à implantação e operação das PCHs estão relacionados ao aumento da demanda por bens e serviços e ao aumento da arrecadação tributária, contribuindo para o dinamismo econômico da região.

Com o intuito de se representar, ainda que de modo simplificado, as alterações que serão provocadas pela implantação das PCHs consideradas no Plano, são propostos dois indicadores socioambientais, apresentados na Tabela 3.

O primeiro é relativo à área a ser alagada para a formação do reservatório e representa principalmente os impactos nos meios físico e biótico, tais como a perda de vegetação e os impactos sobre a biodiversidade local. A relação da área alagada por potência instalada referente a expansão prevista no próximo decênio é de 0,15 km<sup>2</sup>/MW. Para comparação, essa mesma relação para as PCHs hoje em operação é de 0,14 km<sup>2</sup>/MW, enquanto que para as UHEs esse índice é de 0,44 km<sup>2</sup>/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. Para esta estimativa foi adotado o valor de 20 empregos para cada MW instalado, valor médio obtido com base em informações de PCHs cadastradas para o leilão.

Tabela 3 – Indicadores socioambientais da expansão de PCHs

AMBIENTAIS	
Área alagada (km <sup>2</sup> )	350
Área alagada por potência instalada (km <sup>2</sup> /MW)	0,15 (PCHs existentes: 0,14 km <sup>2</sup> /MW)
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1)</sup>	47 mil

Notas: (1) 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.

A importância do desenvolvimento das PCHs para o país se confirma nas políticas nacionais de incentivo à fonte, em que se destaca o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Além desse programa podem ser citados outros incentivos, resumidamente:

- descontos não inferiores a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; Resolução ANEEL nº 281, de 10 de outubro de 1999; e Resolução ANEEL nº 77, de 17 de agosto de 2004);
- isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos (Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996);
- isenção de aplicação, anualmente, de no mínimo 1% da receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico – P&D (Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000).

Cabe também citar as recentes alterações na regulamentação referente às PCHs, na busca de simplificar e estimular a expansão dessa fonte, advindas da publicação da Resolução Normativa Aneel nº 673/2015. Esta Resolução, além de alterar os parâmetros de enquadramento dos projetos, como potência e área alagada, também simplificou e deu celeridade ao processo de apresentação e análise dos projetos pela Aneel. A morosidade da análise dos projetos era considerada pelos empreendedores como um dos principais entraves para desenvolvimento da fonte.

Embora existam diversos mecanismos legais para atrair investimentos no setor, os desafios de ordem econômica ainda se mostram bastante relevantes para a expansão da fonte, uma vez que o setor tem enfrentado dificuldades para tornar as PCHs competitivas frente a outras fontes de energia, sobretudo a

eólica, nos leilões organizados pelo governo. Apesar da venda de energia para o mercado regulado não ser a única opção para as PCHs, essa tem se tornado cada vez mais necessária para garantir a financiabilidade dos projetos. Os contratos de venda de energia de longo prazo são uma das principais exigências para a concessão de financiamentos.

Outro desafio para o desenvolvimento da fonte diz respeito ao processo de licenciamento ambiental, que, na maior parte dos estados, segue os mesmos ritos processuais de empreendimentos hidrelétricos de maior porte, sendo exigidos complexos Estudos de Impacto Ambiental, com análises detalhadas das interferências socioambientais e das propostas de medidas de mitigação e compensação dos impactos. Junta-se a essa situação a necessidade de manifestação de outros órgãos, como Funai, Iphan e Fundação Cultural Palmares, e o fato de que cada unidade da federação ter sua própria legislação ambiental. Assim, os procedimentos são heterogêneos, em alguns processos são exigidos estudos adicionais (por exemplo, Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH). Tais exigências implicam em processos longos e complexos e custos extras, contribuindo para a redução da atratividade da fonte.

Deve-se observar, ainda, a necessidade de melhorar a comunicação com as comunidades tradicionais, tal qual para os projetos de UHEs, a medida que a expansão avance para áreas próximas a territórios indígenas e quilombolas.

De todo modo, as PCHs continuam a representar uma importante fonte capaz de gerar energia limpa a fim de atender parte da crescente demanda por energia.

### 3.3 TERMELÉTRICAS

As usinas termelétricas são largamente empregadas e apresentam características técnicas desejáveis, como flexibilidade operacional e independência de variações climáticas, o que traz ganhos de confiabilidade ao sistema, aumentando a segurança energética do país.

Apesar dos esforços para manter a matriz elétrica predominantemente baseada em fontes de baixa emissão de gases de efeito estufa e assim minimizar as consequências das mudanças climáticas, as características técnicas das novas hidrelétricas e das fontes renováveis intermitentes como a eólica e a solar não permitem que o planejamento setorial renuncie às opções termelétricas de fontes não renováveis.

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

Cabe destacar ainda que usinas termelétricas necessitam de áreas relativamente pequenas quando comparado 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.

Ressalta-se que, dentre os combustíveis disponíveis, o gás natural vem se mostrando vantajoso no contexto de aumento da participação de energias renováveis e dificuldades no aproveitamento hídrico na matriz

elétrica brasileira. Esse, entre outros fatores, motivou o lançamento da iniciativa Gás para Crescer que apresenta diretrizes estratégicas para reformular o setor, dentre elas está a revisão do relacionamento entre a indústria do gás natural e o setor elétrico (BRASIL, 2016).

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. Ressalta-se que os benefícios advindos da contratação de mão de obra poderão ser maximizados se forem priorizadas contratações locais ou regionais.

De acordo com o tipo do combustível empregado ainda pode-se citar outros benefícios específicos:

- **Gás natural:** O gás natural tem ganhado importância e aumentado a sua participação na matriz elétrica por ser, dentre os combustíveis fósseis, o combustível menos poluente. Isto se deve à baixa concentração de contaminantes o que resulta em menores emissões de poluentes atmosféricos. Além disso, com a eficiência dos processos atuais de geração de energia, o gás natural é o combustível fóssil de menor emissão de gases de efeito estufa (GEEs). Sua natureza gasosa também reduz os riscos ambientais associados ao gerenciamento do combustível, que se dispersa rapidamente no ambiente em caso de vazamento.
- **Urânio:** Diferentemente das outras UTEs, a term nuclear não emite diretamente gases poluentes, como óxidos de enxofre, nem GEEs, já que o calor necessário para a geração de energia elétrica não provém da queima de combustíveis fósseis, e sim da fissão nuclear. Outra vantagem é a grande disponibilidade de combustível devido às grandes reservas nacionais de urânio, o que contribui para a garantia de suprimento e segurança energética do país. 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). Com a possibilidade de reciclagem e evolução tecnologia, pode-se ainda aumentar o aproveitamento do elemento combustível.
- **Carvão:** Devido ao histórico de ser um combustível muito poluente, o setor tem investido na busca da eficiência e redução dos seus impactos ambientais com o desenvolvimento das chamadas tecnologia limpas do carvão (*clean coal technologies*). Destes ressalta-se a significativa redução de emissões de poluentes atmosféricos alcançada com o uso de equipamentos de abatimento de emissões e o ganho de eficiência com caldeiras em leito fluidizado. Adicionalmente o desenvolvimento de tecnologias para captura e armazenamento de carbono pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa, no caso, CO<sub>2</sub> produzido na queima.

Neste decênio está previsto aumento da participação das usinas térmicas a gás natural, nuclear e carvão na expansão. De acordo com o Banco de Informações de Geração<sup>9</sup> (ANEEL, 2017) a capacidade atualmente instalada no país é de 13.440 MW para gás natural (69 usinas), 3.353 MW para carvão mineral (13 usinas) e 1.990 MW para nuclear (2 usinas).

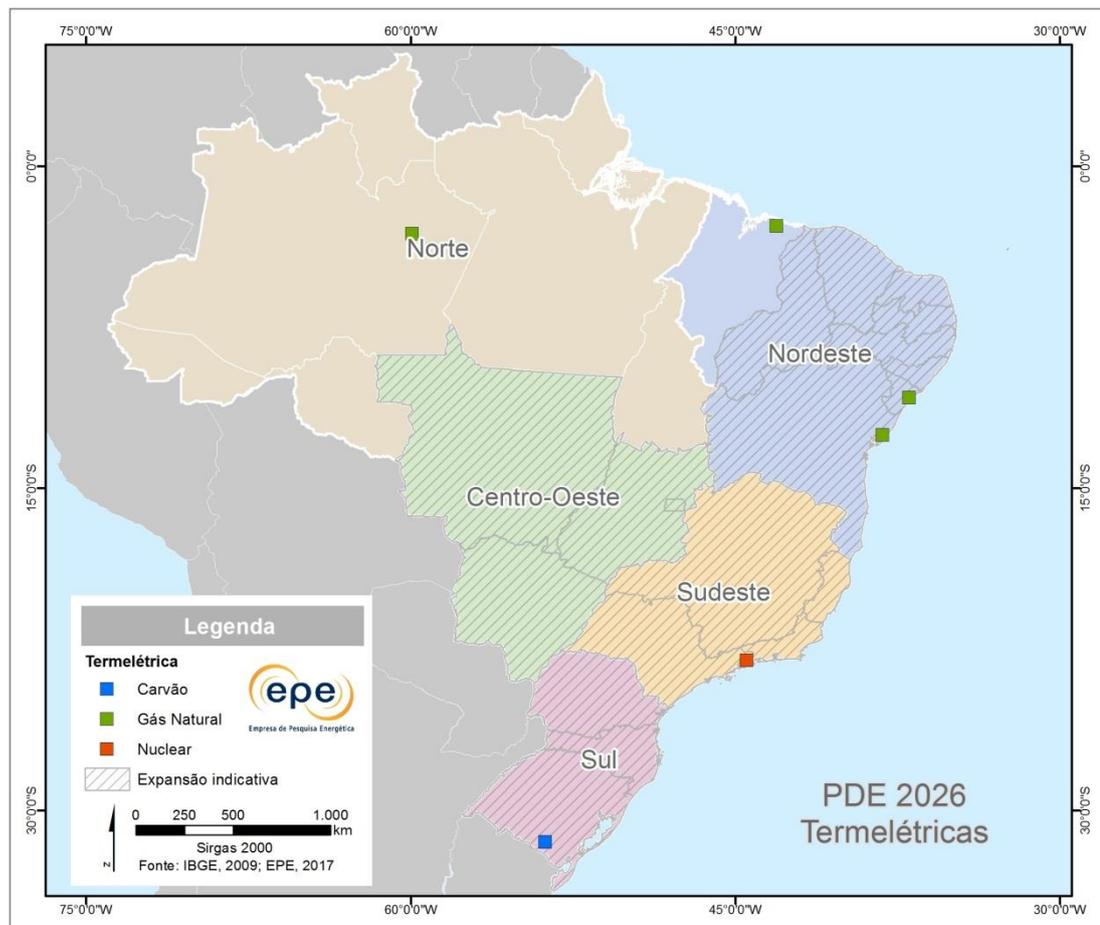
<sup>9</sup> Consideradas as categorias de destino da energia: Serviço Público, Produção Independente e Autoprodução de Energia.

Observa-se a predominância de usinas à gás natural em todas as regiões do país, a maioria próxima a gasodutos. Já as usinas a carvão mineral estão mais concentradas na região Sul do país, onde se encontram as maiores reservas nacionais. E as term nucleares se localizam no Sudeste, região que apresenta maior demanda por eletricidade.

Na primeira metade do horizonte decenal é prevista a entrada de 2.481 MW de potência, distribuída em cinco UTEs (Figura 4): quatro a gás natural nas regiões Norte e Nordeste e uma a carvão no Sul. Já na segunda metade, está prevista a entrada uma usina nuclear de 1.405 MW no Sudeste e expansão indicativa de 14.865 MW de potência de usinas termelétricas<sup>10</sup>, destes 9.057 MW no subsistema Sudeste/Centro-Oeste, 1.684 MW no Nordeste e 4.124 MW no Sul.

Como pode ser verificado na Figura 4, as unidades a gás natural previstas para a primeira metade do decênio estão associadas à presença de gasodutos e, no caso da usina a carvão mineral, a jazidas e reservas (Região Sul). No caso da fonte nuclear a questão mais relevante quanto à sua localização é a proximidade com os centros de carga da região Sudeste. Já na segunda metade do decênio a expansão indicativa se localiza no subsistema elétrico Sudeste/Centro-Oeste e Sul, sistema de maior demanda.

Figura 4 – Usinas termelétricas planejadas



<sup>10</sup> Para efeito de simulação foram considerados somente usinas a gás natural. Contudo, é possível a participação de outros combustíveis de acordo com a sua viabilidade.

Dentre as interferências socioambientais das usinas termelétricas, de acordo com o combustível utilizado, pode-se elencar os seguintes aspectos:

- Gás Natural: Há emissão de gases poluentes, com destaque para NO<sub>x</sub>, e de GEEs, apesar de emitir menores quantidades que outros combustíveis fósseis em função da maior eficiência da conversão energética.
- Carvão: Dentre os principais aspectos e impactos ambientais se destacam a emissão de GEEs e poluentes atmosféricos (especialmente MP, SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>), assim como o uso e a possibilidade de contaminação de recursos hídricos. Em virtude da baixa qualidade do carvão nacional, que apresenta alto teor de inertes e enxofre, é essencial que novas UTEs utilizem tecnologias focadas em reduzir a emissão de poluentes atmosféricos e em reaproveitar os resíduos gerados (*clean coal technologies*). Além disso, é importante o correto gerenciamento do combustível e dos resíduos, de modo a evitar possível contaminação de recursos hídricos.
- Urânio: Os aspectos mais críticos ambientalmente são a disposição de resíduos radioativos e a percepção em relação ao risco de acidente. Em relação aos combustíveis nucleares irradiados de Angra 3 (alta atividade), estes serão armazenados inicialmente em piscina, próximo ao reator. Em seguida o combustível irradiado segue para armazenamento complementar e após este para destinação final, armazenagem ou reprocessamento, política que ainda não foi definida pelo país (Eletrobras Eletronuclear, 2014). Ressalta-se que a responsabilidade legal de implantação e operação das instalações para o armazenamento de longo prazo é da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (Eletrobras Eletronuclear, 2015). 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 (Eletrobras Eletronuclear, 2015). Os demais resíduos de média e baixa atividade são armazenados em depósitos locais. Sobre os riscos, as usinas devem cumprir rígidos padrões de segurança internacionais em todas as etapas, de forma a minimizar a possibilidade de ocorrência de acidentes.

Adicionalmente, independentemente do tipo de combustível empregado, pode-se citar impactos relativos a alteração do uso do solo, ao consumo de água e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Vale ressaltar que a flexibilidade locacional desses empreendimentos permite que estes impactos sejam minimizados.

Diante do exposto, observa-se que os principais aspectos ambientais que permeiam a expansão termelétrica no horizonte decenal são: qualidade do ar e resíduos. A questão da qualidade do ar é importante para a região Sudeste tendo em vista a indicação de usinas a gás e a qualidade do ar saturada em função do alto índice de urbanização e industrialização. No caso da região Sul, o tema merece atenção pelo fato da geração de energia a carvão mineral já ser bastante relevante em determinados locais e estar prevista a expansão da fonte. O tema resíduos é especialmente importante no caso da geração termonuclear, já que a disposição final dos rejeitos de alta atividade ainda carece de definição. Além desses temas, ainda se destaca especificamente o contexto de mudanças climáticas como determinante para a expansão termelétrica. A emissão de GEE (acumulada no período) para as usinas planejadas durante o decênio encontra-se na Tabela 4.

Adicionalmente, existem benefícios na área socioeconômica, com os potenciais postos de trabalho gerados e à arrecadação de tributos destinados ao estado e município em que estão inseridos.

Quanto aos postos de trabalho gerados no decênio, estima-se que a somatória dos empregos diretos gerados na implementação dos empreendimentos seja de cerca de 30 mil, considerando o pico de trabalhadores de cada projeto, e 2,3 mil durante a operação. Ressalta-se que deve ser considerada nos programas de mitigação a sobrecarga na infraestrutura e serviços gerada pela massa de trabalhadores e pessoas atraídas para a região em busca de oportunidades, mesmo que não vinculadas às obras.

A Tabela 4 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão termelétrica.

**Tabela 4 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica**

AMBIENTAIS	
Emissões de GEE no SIN (acumulada no período, 2017-2026)	250 MtCO <sub>2</sub>
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1)</sup>	43 mil
Empregos diretos gerados durante a operação	3,4 mil

Notas: (1) 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. Para os empreendimentos contratados, o cálculo foi realizado a partir de dados dos estudos ambientais. Já para o período indicativo foi realizada estimativa com base na potência a ser instalada.

O maior desafio para as termelétricas consideradas neste item é a pressão para se reduzir a participação de não renováveis na matriz elétrica e, assim, torná-la mais sustentável. No mesmo contexto, busca-se ainda a adoção de práticas e tecnologias para redução das emissões de GEE e minimização das consequências das mudanças climáticas, sendo especialmente relevante para termelétricas que empregam combustíveis fósseis.

Para as fontes fósseis existe também a preocupação com a emissão de poluentes atmosféricos, especialmente no caso do carvão mineral. Esta preocupação é ainda mais relevante para a expansão indicativa em áreas onde já existam outras fontes significantes de poluição. Neste caso pode ser necessário avaliar a capacidade de suporte da bacia aérea em questão em função da dispersão atmosférica dos poluentes<sup>11</sup>. Destaca-se que apesar de já estarem disponíveis tecnologias para abatimento de emissões de poluentes, é importante adequar as usinas em operação e garantir que os futuros projetos as empreguem.

No caso das term nucleares, 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, existem dificuldades acerca da seleção do local para a construção do Repositório Nacional de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN) e ainda não se tem definição política sobre a adoção de reprocessamento do combustível irradiado no país. É importante que se aumente esforços para construção do RBMN e que o Programa Nuclear Brasileiro avance principalmente no sentido da definição do destino dos combustíveis irradiados. Já sobre a percepção de risco de usinas, deve-se investir em estratégias de comunicação para esclarecer a sociedade sobre seus benefícios e riscos socioambientais, além de informar como os rígidos padrões de segurança internacionais exigidos minimizam a possibilidade de ocorrência de acidentes. Desde modo, pode-se aumentar a aceitação pública desta fonte.

<sup>11</sup> Por exemplo, para subsidiar o planejamento setorial e avaliar a viabilidade técnica e locacional para implantação de novas usinas termelétricas a carvão, foram exigidos pelo Ibama estudos mais abrangentes de dispersão atmosférica para a região de Candiota/RS, onde haviam projetos termelétricos em processo de licenciamento. Para tal, foi utilizada como ferramenta a modelagem matemática de dispersão de poluentes atmosféricos.

### 3.4 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. Uma das vantagens do uso da biomassa é o fato de ser uma energia renovável e que contribui para a mitigação das mudanças climáticas. Como qualquer processo de combustão, a queima da biomassa gera emissões de CO<sub>2</sub>, porém entende-se que o carbono emitido é o mesmo que foi absorvido pela planta no processo de fotossíntese e, assim, o balanço é nulo.

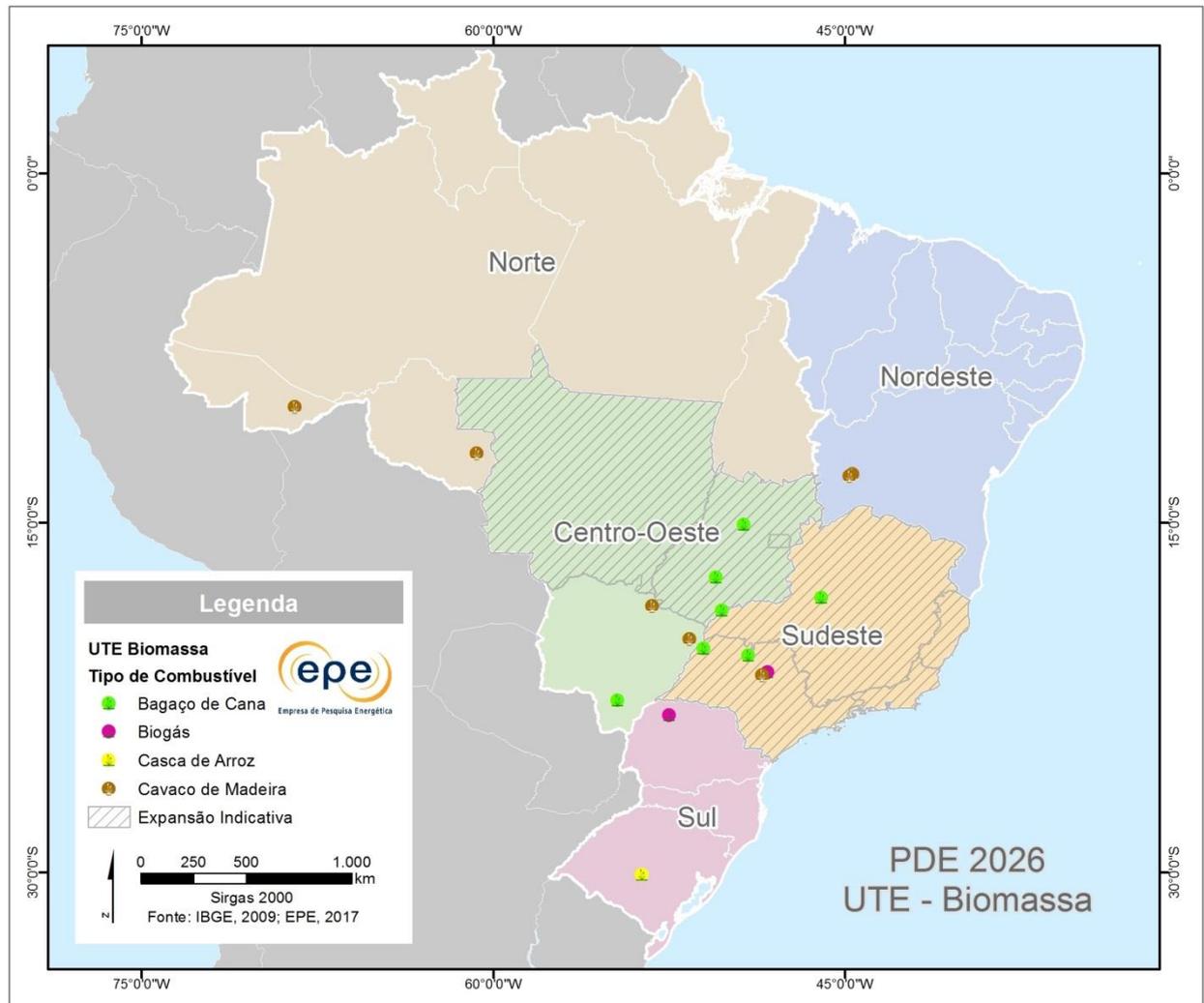
Outro benefício socioambiental da utilização da biomassa reside no fato da maior parte dos combustíveis ter origem residual, como o bagaço de cana, os resíduos da indústria de papel e celulose, resíduos de madeira, resíduos agrícolas como a casca de arroz, entre outros. Assim, ao mesmo tempo que se garante um maior aproveitamento dos recursos disponíveis, evita-se a disposição inadequada desses materiais.

Em termos técnico-operacionais destaca-se o fato de que, via de regra, usinas termelétricas à biomassa são facilmente despacháveis. Além disso, 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.

A maior parte da bioeletricidade gerada no Brasil atualmente provém da queima do bagaço de cana nas usinas de açúcar e etanol. Há 525 empreendimentos termelétricos à biomassa em operação, somando uma potência instalada de cerca de 14 GW. O bagaço de cana é o principal combustível utilizado, com uma potência que soma aproximadamente 11 GW, cerca de 80% da potência total instalada. Termelétricas a lixívia contribuem com quase 2,3 GW de potência. Os poucos empreendimentos que consomem lenha de florestas energéticas, atualmente estão incluídos na categoria Resíduos Florestais, junto com empreendimentos menores que consomem resíduos da atividade madeireira na forma de cavaco ou serragem (ANEEL, 2017).

O PDE 2026 prevê entre projetos contratados e indicativos um total de 4.052 MW de acréscimo de potência a partir de termelétricas a biomassa. Nos primeiros anos do horizonte estão previstos 850 MW de expansão contratada. A maior parte das usinas contratadas (71% da potência) corresponde à geração a partir de cavaco de madeira. Há também contratação de excedentes de energia nas usinas do setor sucroalcooleiro por meio da queima do bagaço e palha da cana de açúcar (24% da potência). Além disso, estão contratadas duas usinas a biogás de vinhaça e uma usina movida a casca de arroz. No segundo período do horizonte (2022-2026) estão previstos 3.202 MW de expansão indicativa, sendo que a expectativa é que a maior parte dessa expansão indicativa se dê por termelétricas movidas a bagaço de cana. A expansão está localizada predominantemente no Sudeste e Centro-Oeste, porém contempla em menor proporção projetos em todas as demais regiões do país, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Localização da expansão termelétrica a biomassa planejada no PDE 2026



Quando se avaliam os impactos das termelétricas à biomassa, deve-se atentar para o fato de o combustível, em muitos casos, ter 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. O bagaço de cana é um exemplo. Boa parte dos impactos da cana devem ser atribuídos à produção de açúcar e etanol e não à geração de energia elétrica. O item “Etanol” analisa os impactos da produção de etanol no decênio.

Como qualquer termelétrica, um dos impactos observados na queima da biomassa é a emissão de poluentes atmosféricos, principalmente o material particulado. Ressalta-se, entretanto, que este impacto é mitigado com o uso de equipamentos de controle, de forma a atender a legislação ambiental. Atenção especial deve ser dada à instalação de usinas onde a bacia aérea já se encontra saturada. Porém, no caso das usinas a biomassa, normalmente, elas se encontram em áreas rurais onde essa saturação dificilmente ocorre. Nas áreas de plantio de cana, quando a colheita ainda era feita manualmente com a queima da palha no campo, as bacias aéreas ficavam saturadas na época da safra. Entretanto, esse impacto já está bastante minimizado atualmente devido à mecanização da colheita.

É importante observar também o uso do solo. A expansão das áreas de florestas plantada para fins de geração elétrica podem deslocar áreas que antes eram ocupadas com outras culturas agrícolas ou com a pecuária, o que pode, em alguns casos, acirrar conflitos ou provocar novos desmatamentos. Porém é importante ressaltar que esse tipo de projeto permite flexibilidade locacional suficiente para se procurar evitar tais impactos ainda na fase de planejamento (estudo de viabilidade e EIA).

O consumo de água é um aspecto importante nas usinas termelétricas porque, dependendo da tecnologia de resfriamento adotada, esse consumo pode ser expressivo, 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, mas não se espera que isso restrinja a expansão. 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.

Do ponto de vista socioeconômico deve-se observar a geração de emprego e renda com crescimento da economia local, especialmente quando instalados em regiões pouco desenvolvidas. Uma usina termelétrica a cavaco de madeira de 150 MW gera cerca de 500 empregos diretos no pico das obras e cerca de 75 na fase de operação (YPE RENOVAVEIS, 2014). Sendo assim, com a expansão prevista no decênio, estima-se a geração de 3.300 empregos diretos nas usinas a cavaco de madeira, além dos empregos no manejo da silvicultura. 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. Porém, o número de empregos gerados no setor sucroalcooleiro como um todo é bastante significativo como mostra a análise do item “Etanol”. A Tabela 5 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão de termelétricas a biomassa.

Tabela 5 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica a biomassa

SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1) (2)</sup>	3.500
Empregos diretos gerados durante a operação <sup>(2)</sup>	500

Notas: (1) 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 considerados.

(2) Considera apenas usinas termelétricas a cavaco de madeira.

Nas termelétricas que usam os subprodutos do setor sucroalcooleiro, pode-se dizer que os desafios se concentram no maior aproveitamento da palha e da ponta, o que envolve aspectos logísticos e tecnológicos. Além disso, há a necessidade de se aumentar a eficiência dos equipamentos na planta de geração. Quanto mais eficientes as caldeiras e demais equipamentos na planta de cogeração, menores as emissões de poluentes. Igualmente importante é o aumento do aproveitamento energético de outro resíduo importante do setor, a vinhaça, por meio da biodigestão anaeróbica, que resulta na produção de biogás.

Já para biomassa plantada deve-se priorizar sua implantação em áreas já desmatadas, o que pode evitar conflitos pelo uso do solo e a perda de biodiversidade.

Para as demais biomassas residuais, como os resíduos de atividades agrícolas e madeireiras, os desafios se concentram na busca pelo melhor aproveitamento desses materiais. Como muitas vezes essa biomassa está

dispersa no campo, é preciso desenvolver mecanismos adequados e eficientes para sua coleta e logística até as termelétricas.

### 3.5 EÓLICAS

O Brasil apresenta grande potencial de aproveitamento da energia eólica para geração elétrica, especialmente nos litorais nordeste e sul, além do norte de Roraima e das elevações nordeste-sudeste (com destaque para a Chapada Diamantina e para a Serra do Espinhaço). As usinas eólicas apresentam um perfil de oferta variável ao longo do dia (intermitência), o que traz complexidade à operação do SIN em busca do atendimento à variação da demanda. Apesar disso, exercem papel importante na segurança operativa do SIN, na medida em que minimizam o uso da água para geração hidrelétrica, assim como a demanda de operação das usinas térmicas em períodos de hidrologia desfavorável (TOLMASQUIM, 2016). Além disso, observa-se complementariedade diária com a fonte solar, aproveitada a partir da implantação dos primeiros parques híbridos eólico-solar no nordeste brasileiro.

Nos últimos anos a geração de energia elétrica através da fonte eólica tem sido difundida de forma contínua e crescente no mundo e no Brasil, onde esteve presente em 15 leilões de energia entre 2009 e 2015. Vale ressaltar a importância do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) na alavancagem da fonte no Brasil entre 2002 e 2009 e, com a introdução de suas regras de conteúdo local para o setor, com intuito de fomentar a indústria nacional. Tal crescimento se explica por diversos fatores positivos característicos desse tipo fonte, dentre eles o seu caráter renovável e de custo competitivo; a ausência de emissões de gases poluentes em seu processo de conversão de energia; a possibilidade de compatibilização dos parques eólicos com outros usos do solo; a implantação rápida dos parques, dentre outros (TOLMASQUIM, 2016). Em 2015, o Brasil ficou em décimo lugar em produção de energia eólica, com 2% da capacidade global, alcançando o status de quarto maior investidor nessa fonte (R\$ 22 bilhões) (ABEEÓLICA, 2016b). No mesmo ano, a geração eólica no Brasil evitou a emissão de mais de 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, valores calculados considerando a metodologia e os dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (ABEEÓLICA, 2016a).

A expansão da fonte eólica traz a oportunidade de criação de empregos diretos e indiretos, na indústria de base (que no Brasil vem apresentando crescente nacionalização de seus componentes) e, especialmente, na implantação de empreendimentos. Outros resultados dessa expansão são o surgimento de uma nova dinâmica na economia local e o aporte de novos recursos às finanças municipais (TOLMASQUIM, 2016). No nordeste brasileiro, já foi observada maior massa salarial nos setores de construção, transporte e logística nos municípios que possuem empreendimentos eólicos em construção ou operação se comparados aos municípios que não possuem tais empreendimentos; apesar disso, não foi observada diferença significativa no número de empregos (RODRIGUES et al. 2016). Simas e Pacca (2014) verificaram que a principal contribuição para o mercado de trabalho ocorre na fase de instalação dos parques, contudo, apesar da baixa contribuição das fases de operação e manutenção, esses empregos são de suma importância para a economia local pois possuem caráter permanente.

Atualmente o Brasil dispõe de 419 parques eólicos, totalizando 10.268 MW em terra (onshore), distribuídos em 70 municípios localizados, principalmente, no Nordeste e no Sul do país (ANEEL, 2017; ABEEÓLICA, 2016a). A expansão eólica no PDE 2026 prevê a inserção de 18.451 MW adicionais de potência. Só há expansão contratada para os três primeiros anos do horizonte decenal. Para esse primeiro ciclo do horizonte está prevista a instalação de 374 novos parques eólicos, capazes de adicionar 6.627 MW ao sistema. A maior parte dessa potência (em torno de 92%) está concentrada em parques localizados nos estados da região Nordeste. Para os anos subsequentes desse ciclo decenal (expansão indicativa), está prevista a instalação de 11.824 MW, nos subsistemas nordeste e sul. A Figura 6 apresenta a localização dos parques eólicos contratados no horizonte decenal, assim como a expansão indicativa.

Figura 6 – Localização da expansão eólica planejada no PDE 2026



Apesar de os impactos negativos associados à geração eólica poderem ser classificados como baixos, eles não devem ser desconsiderados. São conhecidos impactos socioambientais associados tanto à instalação quanto à operação de parques eólicos. A literatura aponta especialmente: interferência na flora e fauna por alteração na cobertura vegetal; a interferência direta na fauna alada por colisão com as pás dos aerogeradores; perturbação no trânsito durante o transporte dos componentes dos aerogeradores; aumento na demanda por

serviços e infraestrutura; alteração na organização social; produção de ruído; alteração na paisagem e aumento da dinâmica econômica. Ressalta-se que a relevância dessas interferências varia com as características regionais e locais dos sítios de implantação dos parques eólicos (TOLMASQUIM, 2016). Os impactos sobre a fauna e especialmente sobre aves migratórias mereceram destaque a partir de 2014, com a publicação da Resolução Conama 462 (BRASIL, 2014c). Esta resolução estabelece critérios de sensibilidade socioambiental na locação do parque para que seja exigido, no Licenciamento Ambiental, um Relatório Ambiental Simplificado (RAS) ou Estudo de Impacto Ambiental (EIA), sendo este um estudo de maior complexidade. O Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil (MMA, 2016) recomenda que a instalação de parques eólicos seja realizada em paisagens previamente ocupadas, seja por agricultura, pasto ou por outras atividades já em desenvolvimento, evitando-se a implantação de empreendimentos em paisagens não antropizadas.

Observando a expansão decenal, principalmente no período indicativo, merece atenção a expansão de parques eólicos nas regiões Nordeste e Sul em áreas de preservação permanente de dunas e restingas no litoral e topos de morros das regiões serranas, ambientes considerados sensíveis para a biota. No Nordeste, deve-se atentar também para a paisagem, devido à beleza cênica inerente a esses locais aliada a sua vocação para atividades de turismo e lazer.

Os principais indicadores socioambientais da geração eólica estão relacionados à área ocupada pelos equipamentos dos parques eólicos, à sobreposição com áreas legalmente protegidas e ao número de vagas de empregos diretos gerados (Tabela 6). Considerando o índice de 0,18 km<sup>2</sup>/MW estabelecido por Conde (2013), a área ocupada pelos parques eólicos está estimada em 3.321 km<sup>2</sup>. Dos 374 parques eólicos previstos nos três primeiros anos do horizonte decenal, 73 irão interferir em unidades de conservação (UC) de uso sustentável, sendo um parque estadual e sete áreas de proteção ambiental (APAs). Não há previsão de interferência direta em 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 138 mil empregos diretos no horizonte decenal.

Tabela 6 - Indicadores socioambientais da expansão eólica

AMBIENTAIS	
Área total dos parques eólicos por potência instalada (km <sup>2</sup> / MW)	0,18 km <sup>2</sup> / MW
Área total dos parques eólicos (km <sup>2</sup> )	3.321
Nº de parques eólicos com interferência em UC de uso sustentável	73 de 374 parques eólicos
SOCIOECONÔMICOS	
Nº de parques eólicos com interferência direta em TI	Nenhum dos 374 parques eólicos
Empregos diretos (empregos/MW)	7,51
Empregos diretos gerados na construção	138,6 mil

Diante desses aspectos, selecionando as questões de escala regional, os principais temas socioambientais associados a este tipo de geração no horizonte decenal são a interferência em áreas protegidas e a alteração na paisagem.

Nesta conjuntura, há desafios socioambientais que devem ser considerados para a expansão da geração eólica no país, dentre eles a compatibilização da expansão da fonte eólica com a conservação dos sítios especiais presentes no país, sendo importante ampliar o diálogo com a sociedade e com a academia, contribuindo para promover estudos acerca dos impactos, medidas mitigatórias e compensatórias. O impacto das estruturas eólicas na avifauna pode ser mitigado com a realização prévia de estudos e levantamentos do uso das áreas pelas espécies. Outro ponto é o desafio da logística de transporte, já que as grandes dimensões das estruturas e pás, acabam dificultando o transporte pelas sinuosas estradas do país (TOLMASQUIM, 2016). Além disso, a qualificação da mão de obra nacional tem merecido investimentos, como no estado do Piauí, em que formou-se parceria entre empreendedor, governo do estado e governo federal (DIÁRIO DOS VENTOS, 2015). Uma iniciativa do setor eólico com benefícios socioambientais foi o lançamento recente do Programa de Certificação em Energia Renovável, promovido pela ABEEólica, Associação Brasileira de Energia Limpa (Abragel) e o Instituto Totum. Este programa tem como propósito fomentar o mercado de energia limpa e a certificação é concedida às PCHs e às usinas de geração elétrica que utilizam as fontes eólica, solar ou biomassa. As empresas que comprem energia no mercado livre ou cativo dessas usinas certificadas podem obter a autorização para utilizar o Selo de Energia Renovável em seus produtos. A obtenção do Selo serve de propaganda, já que, por regra, as usinas geradoras são obrigadas a realizar ações positivas nas comunidades do seu entorno e a trazer benefícios para o meio ambiente que excedam as exigências legais. Em 2015 as 15 primeiras certificações foram adquiridas por escritórios, estabelecimentos comerciais, instituições e empreendimentos imobiliários. Este Selo também permite a obtenção de pontos na certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), voltada para empreendimentos imobiliários (ABEEÓLICA, 2016b).

Por fim, vale ressaltar a necessidade de articulação entre sociedade, empresas e Estado, em direção a uma governança integrada dos recursos financeiros advindos da chegada de empreendimentos eólicos em municípios com pequena receita tributária, para garantir efetividade na aplicação destes recursos com resultados para a comunidade (SANO, 2016).

### 3.6 SOLAR

Dentre os principais benefícios da utilização de energia solar fotovoltaica, observa-se que durante sua geração não há emissão de poluentes, como material particulado, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e, tampouco, gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e outros), fato extremamente positivo ao meio ambiente em escala local e global. O combustível utilizado é o sol, fonte de energia abundante e acessível sem custo, sendo o Brasil um país de grande potencial para a instalação desse tipo de geração em larga escala (PEREIRA, 2006). Verifica-se, também, que a geração fotovoltaica possui grande flexibilidade locacional, principalmente no caso da geração distribuída, assim como facilidade de instalação, dado o curto tempo necessário para execução dos projetos<sup>12</sup>. Cabe destacar que, no caso da geração distribuída, a proximidade com os centros de carga reduz a demanda de transmissão de eletricidade por longas distâncias e, conseqüentemente, as perdas elétricas e os impactos socioambientais negativos associados, assim como minimiza custos.

A participação da energia solar na matriz elétrica mundial continua na sua trajetória de expansão acelerada. Globalmente, nos próximos cinco anos, 30.000 painéis solares serão instalados a cada hora (IEA, 2017).

<sup>12</sup> Refere-se apenas à instalação das plantas fotovoltaicas, não considerando questões processuais e administrativas. Os prazos de construção devem variar entre 6 e 24 meses, sendo 11 meses o tempo médio (EPE, 2016).

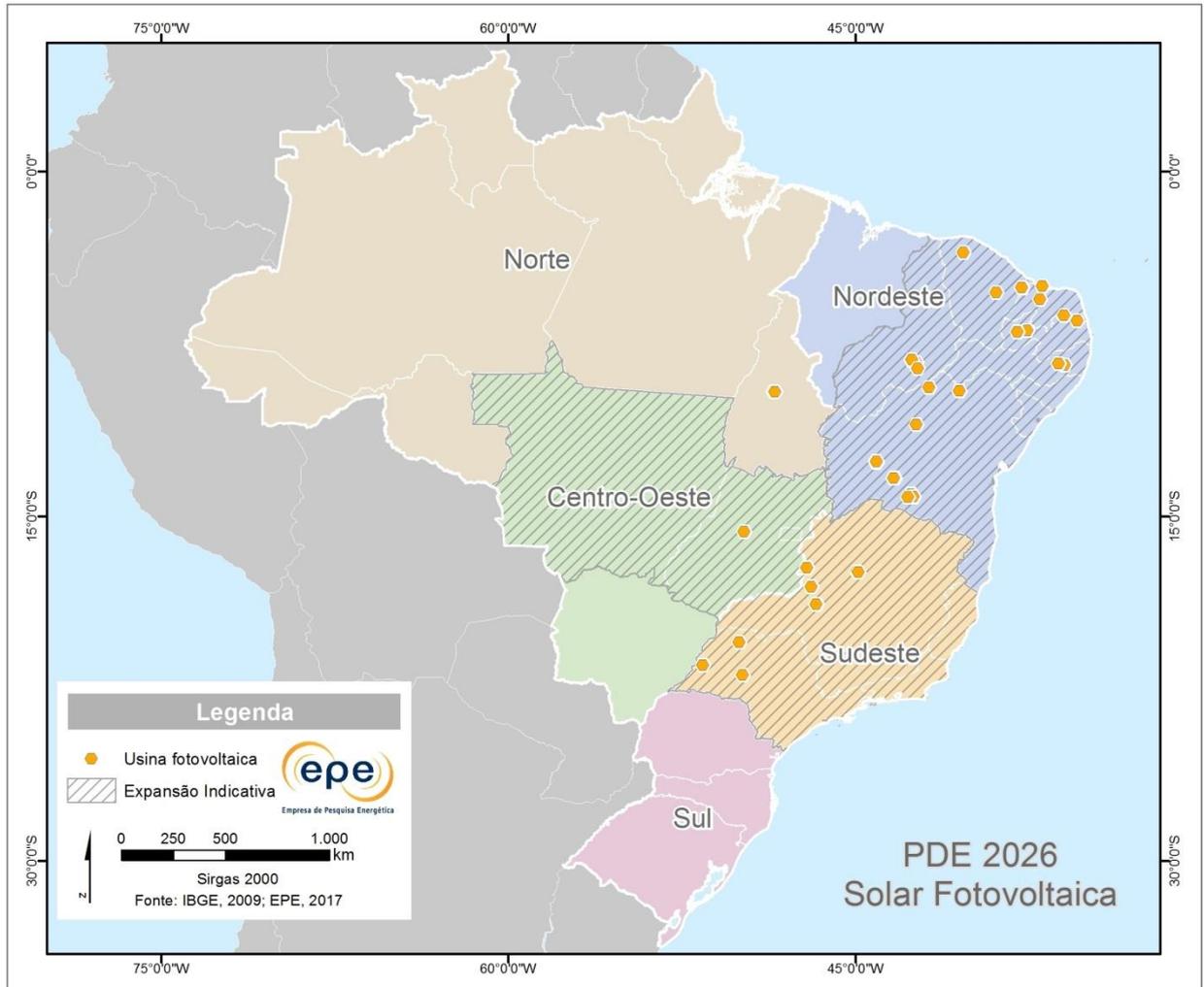
No Brasil, atualmente, ainda não existem usinas fotovoltaicas em operação dentro do sistema de geração centralizada. No ano de 2014, foi realizado o primeiro leilão em que foi contratada a energia proveniente de plantas fotovoltaicas centralizadas, enquanto que em 2015, foram realizados mais dois Leilões de Energia de Reserva (LER) com participação da fonte solar. Por meio da realização desses três certames, foi possível contratar 2.636 MW de suprimento de energia elétrica (EPE, 2016). Esses resultados são considerados na expansão contratada do horizonte decenal (período 2017-2019), que somados a uma expansão indicativa (período 2021-2026) de 6.000 MW, totalizam 8.636 MW planejados para o decênio.

É possível verificar que 70% da expansão contratada se encontra na região Nordeste, enquanto a região Sudeste registrou uma participação de 29,4%. Há também 0,4% da expansão que está localizada no Centro-Oeste e 0,2% no Norte. Os estados que mais se destacaram, considerando todas as usinas contratadas, foram Bahia (34%), Minas Gerais (18%), São Paulo (11%) e Piauí (10%). A concentração dos empreendimentos ocorre nas áreas de maior incidência de Irradiação Global Horizontal (IGH<sup>13</sup>).

No horizonte decenal, considerando as usinas contratadas e a expansão indicativa, estima-se 213,3 km<sup>2</sup> de área ocupada por plantas fotovoltaicas e uma relação de 0,02 km<sup>2</sup>/MW (Tabela 7). Observa-se, por meio da localização das plantas fotovoltaicas previstas nos primeiros anos do decênio (Figura 7, que os municípios do semiárido nordestino concentram a maior parte dos empreendimentos contratados (cerca de 2/3 da potência). O restante localiza-se nas regiões Sudeste e, em menor parte, Centro-Oeste e Norte. A instalação dessas plantas, majoritariamente, se dará em locais afastados dos grandes núcleos urbanos, geralmente no meio rural ou próximo a cidades de pequeno porte. Para a expansão indicativa estima-se que haja essa mesma tendência.

<sup>13</sup> 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 (PEREIRA, 2006).

Figura 7 – Localização da expansão solar fotovoltaica planejada no PDE 2026



Nota: Devido à escala do mapa, os pontos em cor amarela podem representar mais de uma usina fotovoltaica.

No que diz respeito ao uso e a ocupação do solo, parte dos impactos socioambientais da geração fotovoltaica são decorrentes de atividades associadas à construção das usinas, como a movimentação de terra e implantação de vias de acesso, entre outros. Também podem ocorrer interferências sobre a fauna e flora, eventualmente no caso de usinas que demandarem significativa supressão vegetal, e na paisagem, principalmente em locais de grande beleza cênica, onde as instalações podem gerar impactos visuais negativos. Por conta de sua flexibilidade locacional, áreas com menor impacto visual podem ser escolhidas e a necessidade de supressão de vegetação nativa para instalação das usinas pode ser minimizada, sendo fundamental a gestão pública local, em parceria com a sociedade civil e empreendedores, para garantia da qualidade socioambiental dos projetos.

O consumo de água, em todas as fases, não é elevado, mas exigirá atenção especial dado que essas usinas estão localizadas, majoritariamente, em regiões que podem ter algum tipo de restrição desse recurso. Algumas usinas podem estar situadas em locais onde ocorra excesso de poeira em suspensão e vento, fato que demandará procedimentos diferenciados para limpeza dos painéis, gerando ou o maior consumo de água, ou a adoção de novos processos e tecnologias.

Cumpre ressaltar que alguns impactos associados a usinas fotovoltaicas são fortemente influenciados pelo contexto local e apenas os estudos ambientais realizados na fase de licenciamento ambiental de cada projeto podem fornecer uma avaliação adequada. Pela tendência observada, a interferência em áreas protegidas não é uma questão crítica para esta fonte.

Adicionalmente, a cadeia de fabricação de sistemas fotovoltaicos gera impactos socioambientais positivos, como a criação de empregos, e negativos, como aqueles associados à indústria de transformação e de extração mineral. Esses impactos poderão se intensificar com um eventual crescimento na demanda para fabricação de células fotovoltaicas<sup>14</sup> no país. Cabe mencionar ainda que podem ocorrer emissões de poluentes e gases de efeito estufa por conta de energias fósseis utilizadas na geração de eletricidade para a produção de materiais para células, módulos e sistemas fotovoltaicos. No entanto, essa emissão irá divergir de acordo com a matriz energética do país onde ocorra o processo produtivo.

Outra questão relevante se refere ao descarte dos componentes das plantas fotovoltaicas. Ainda não existe um histórico de descomissionamento das usinas, nem dos painéis da geração distribuída, de modo que a avaliação dos potenciais impactos socioambientais se restringe ao conhecimento sobre os materiais empregados e seus possíveis danos ao meio ambiente. A solução indicada em alguns estudos aponta para a reciclagem dos componentes dos sistemas fotovoltaicos após o fim de sua vida útil (Fthenakis, 2000). Já existem algumas iniciativas sendo colocadas em prática em alguns países, como Alemanha, Estados Unidos e Malásia, e a utilização de tecnologias que permitem que até 90% do vidro do módulo e 95% do material semicondutor sejam recuperados<sup>15</sup>. Dentro da perspectiva de melhor gestão de resíduos da fonte é importante que conceitos como "berço ao berço"<sup>16</sup> e logística reversa<sup>17</sup> sejam incorporados ao processo produtivo, de modo que os painéis continuem tendo valor após seu período de vida útil.

Um dos indicadores socioambientais mais importantes associados à essa fonte é a geração de empregos, que pode ser avaliada tanto localmente (fases de construção e operação), quanto numa escala nacional (considerando toda a cadeia da indústria). No âmbito local, a implantação desses empreendimentos poderá gerar oportunidades de emprego para a população, o aumento na receita por meio do arrendamento de terras, o incremento de alguns segmentos da economia e a ampliação da arrecadação de impostos. Isto pode ser importante para a economia local, já que grande parte das cidades que devem receber as plantas fotovoltaicas, como aquelas da região do semiárido nordestino, apresenta baixo desempenho nos indicadores socioeconômicos. São estimados, para o decênio, cerca de 30,7 mil empregos diretos gerados na fase de pico das obras. Um desafio relacionado a esse tema é a qualificação da mão-de-obra para atuar no setor. A geração de energia a partir de fontes renováveis pode criar mais empregos do que as não renováveis e, entre as tecnologias utilizadas, a solar fotovoltaica é a que cria mais empregos (WEI, 2010).

<sup>14</sup> No Brasil, há empresas atuando nas etapas iniciais da cadeia (obtenção de silício cristalino) e na última etapa (montagem de painéis). Porém, as etapas intermediárias encontram-se ainda em estágio inicial de desenvolvimento (BNDES, 2013).

<sup>15</sup> Fonte: Sítio eletrônico da "Solar Novus Today" ([http://www.solarnovus.com/pv-recycling-update-on-legal-and-technology-issues\\_N6363.html](http://www.solarnovus.com/pv-recycling-update-on-legal-and-technology-issues_N6363.html)), acesso em fevereiro de 2017.

<sup>16</sup> O conceito "berço ao berço" preconiza o desenvolvimento de um produto incorporando a preocupação para que ele não seja descartado ao final de sua vida útil, podendo ser utilizado, todo ou em partes, no seu ou em outros processos produtivos (McDonough e Braungart, 2010).

<sup>17</sup> Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (PNRS, 2010).

A Tabela 7 abaixo apresenta os principais indicadores da expansão solar fotovoltaica.

Tabela 7 – Indicadores socioambientais da expansão solar fotovoltaica

AMBIENTAIS	
Área das plantas fotovoltaicas (km <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	213,3
Área das plantas fotovoltaicas por potência instalada (km <sup>2</sup> /MW)	0,02
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1) (2)</sup>	30,7 mil

Notas: (1) Estimativa baseada nos estudos ambientais das plantas fotovoltaicas contratadas e na expansão indicativa.

(2) Considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras.

Em relação aos empreendimentos contratados, o licenciamento ambiental foi o principal motivo de inabilitação técnica no primeiro leilão de 2014 (EPE, 2014d), enquanto que nos dois leilões seguintes, em 2015, outras questões técnicas foram as principais responsáveis (EPE, 2016). De qualquer forma o aprimoramento do processo de licenciamento ambiental ainda é muito importante quando se considera a expansão futura dessa fonte. Por meio da experiência com os leilões realizados, observa-se que alguns aspectos do licenciamento ambiental ainda estão em fase de consolidação, tais como os procedimentos administrativos dos órgãos ambientais, a elaboração de termos de referência específicos, o tempo necessário para a emissão das licenças e a curva de aprendizagem das instituições envolvidas no processo. Uma característica diferenciada e marcante dessa fonte é a participação da administração pública municipal no processo de licenciamento ambiental, pois algumas usinas que participaram dos leilões tiveram as suas licenças emitidas pelas secretarias de meio ambiente municipais.

As oportunidades de crescimento da energia fotovoltaica também ocorrerão com o processo de hibridização entre fontes distintas, como, por exemplo, usinas fotovoltaicas instaladas em parques eólicos ou associadas à geração térmica, compartilhando logística, infraestrutura e outros aspectos. Será importante diagnosticar os impactos socioambientais decorrentes desses novos arranjos na geração de energia, considerando efeitos cumulativos e sinérgicos.

Os benefícios e as dificuldades decorrentes da geração solar em plantas fotovoltaicas centralizadas ainda não possuem um histórico no país. Assim, apesar dos estudos ambientais apontarem impactos socioambientais prováveis, somente com o início da operação das usinas teremos uma dimensão exata dessa nova realidade.

Outra frente de expansão da energia fotovoltaica se dará por meio da geração distribuída. Cabe mencionar que a expansão nessa modalidade foi significativa a partir de 2014, conforme o capítulo – Eficiência Energética e Geração Distribuída do PDE 2026. As unidades consumidoras com esse tipo de geração totalizavam, em fevereiro de 2017, 8.148 conexões. Atualmente, a energia fotovoltaica representa 98,87% das unidades consumidoras com geração distribuída no Brasil e o setor residencial é o que tem maior representatividade. A região sudeste é a que concentra o maior número de unidades geradoras, sendo os estados de Minas Gerais e São Paulo os que mais se destacam (ANEEL, 2017).

Os aprimoramentos instituídos pela Resolução Normativa da ANEEL nº 687/2015 promoveram o amadurecimento da legislação e estão contribuindo para a expansão da geração fotovoltaica distribuída com impactos socioambientais majoritariamente positivos. Na indústria de geração fotovoltaica distribuída

observa-se que os empregos demandados com o desenvolvimento das tecnologias podem ser de alto valor agregado, alcançando até o ano de 2023 o montante estimado de 1,5 mil e 2,4 mil postos de trabalho diretos e indiretos, respectivamente (EPE, 2014c).

Por fim, a facilidade de instalação dos painéis fotovoltaicos gera novas oportunidades de localização, tais como em edificações residenciais, públicas, comerciais, culturais e esportivas; aterros sanitários; iluminação pública; entre outros, podendo ser criadas oportunidades de uso de espaços que muitas vezes são subutilizados.

Por fim, a facilidade de instalação dos painéis fotovoltaicos permite sua implantação em locais diversos, tais como: edificações residenciais, públicas, comerciais, culturais e esportivas; aterros sanitários; iluminação pública; entre outros. Tal facilidade cria oportunidades de uso de espaços que muitas vezes são subutilizados.

### 3.7 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Sistema Interligado Nacional – SIN possui uma extensa malha de transmissão de energia elétrica, que interliga, principalmente, as usinas hidrelétricas distribuídas nas diversas bacias hidrográficas do país. No Brasil, as linhas de transmissão (LTs) permitem o aproveitamento energético de regiões distantes dos centros de consumo, otimizando o uso da energia gerada e reduzindo a operação de usinas térmicas.

Segundo dados do ONS (2017), a crescente participação da geração eólica na matriz energética brasileira, com a implantação de cerca de 800 MW de parques na região Sul e 7.000 MW no Nordeste, demandou soluções estruturais robustas na Rede Básica para viabilizar o escoamento de toda essa produção.

O Brasil possui atualmente uma extensão de aproximadamente 134.947 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, 2017). 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, em função das peculiaridades geográficas da região.

A expansão da transmissão para os próximos 10 anos prevê a entrada em operação no SIN de 388 novas linhas de transmissão, perfazendo uma extensão de aproximadamente 47.000 km, ou seja, uma expansão de 35% na extensão do sistema. Desse conjunto de empreendimentos, 245 (mais de 60%), estão previstos para entrar em operação até 2021, ou seja, no primeiro quinquênio do horizonte decenal.

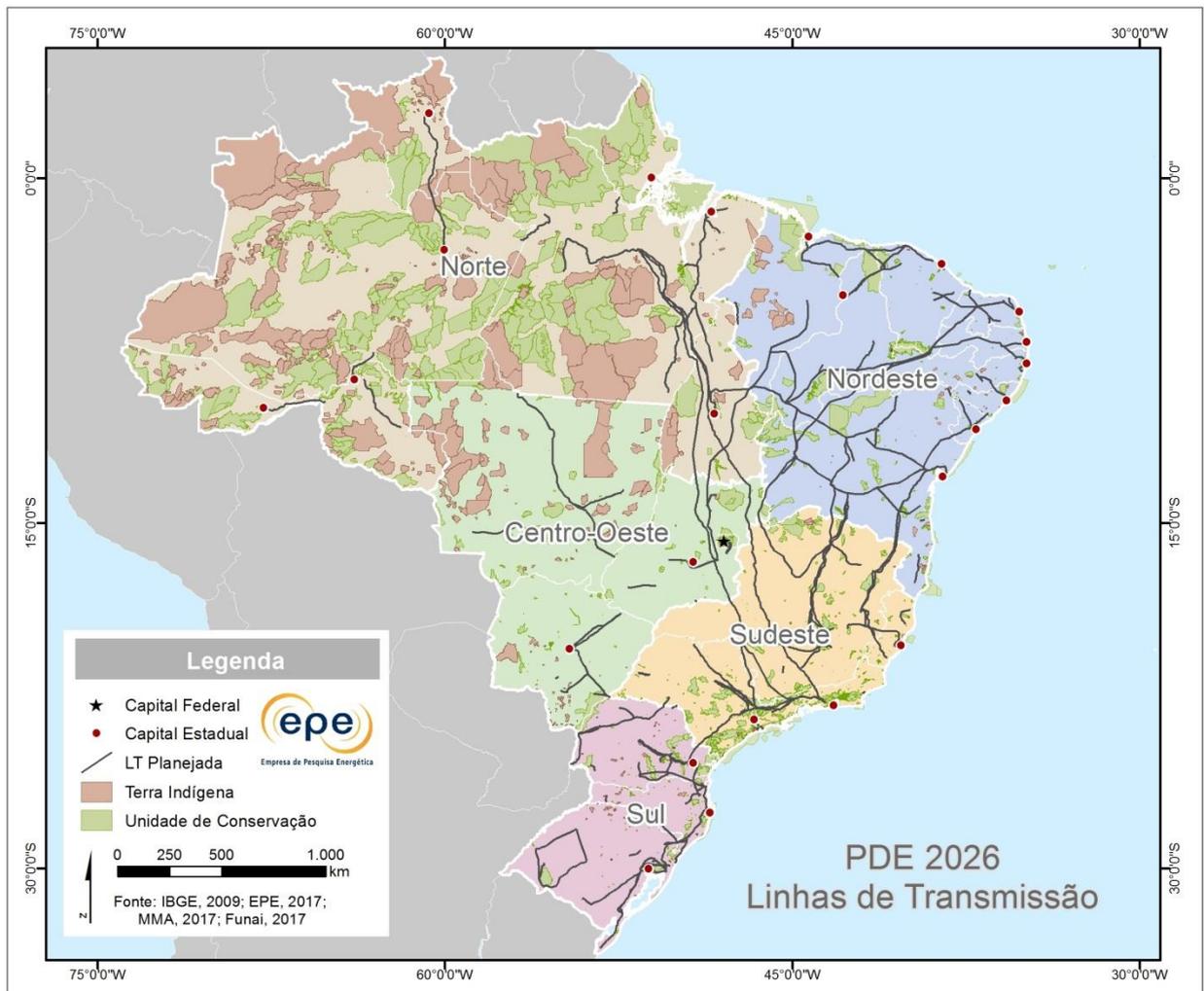
A análise socioambiental neste PDE 2026 considerou o conjunto de LTs da rede básica (tensão igual ou superior a 230 kV) previstas pelos estudos da expansão do sistema elétrico, destacando-se as restrições socioambientais mais relevantes desse conjunto de LTs, conforme sua localização no território nacional. Em razão da escala de análise, não foram considerados os seccionamentos planejados nas proximidades das subestações e, também, os projetos de recapacitação e recondutoramento, resultando num total de 321 linhas analisadas (46.897 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 desvia-se, sempre que possível, das áreas mais complexas do ponto de vista socioambiental, buscando evitar, dessa forma, impactos socioambientais significativos.

A Figura 8 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 de proteção integral e de uso sustentável.

Figura 8 – Linhas de transmissão previstas no PDE 2026 e áreas legalmente protegidas



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 Tabela 8 mostra a distribuição das LTs planejadas no PDE 2026 considerando a extensão por região geográfica.

Tabela 8 - Extensão das linhas de transmissão por região

Extensão das LTs por região (km)					Total (km)
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
9.231	14.831	5.082	10.315	7.438	46.897

Nesse cenário, observamos a expansão da Rede Básica ocorrendo a partir da região Norte para escoamento da energia gerada pela UHE Belo Monte, com extensos troncos de linhas que atravessam as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país. Destacam-se, também, na região Norte, o atendimento às regiões metropolitanas de Belém, Manaus e São Luís, a interligação Manaus – Boa Vista e a integração ao SIN da região de Humaitá, no Amazonas, e das cargas localizadas nas margens direita e esquerda do rio Amazonas.

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

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 a integração dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Teles Pires e o atendimento a Brasília e Cuiabá e aos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul.

No Sudeste, as linhas destinam-se principalmente para os reforços aos subsistemas, visando ao aumento da confiabilidade em decorrência do incremento das cargas. Já na região Sul têm destaque as LTs para escoamento da energia gerada em parques eólicos, reforço aos subsistemas e atendimento às regiões metropolitanas de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

A Tabela 9 mostra as interferências das LTs planejadas em áreas com restrição socioambiental, por região geográfica.

Tabela 9 – Extensão das linhas de transmissão planejadas em áreas com restrição socioambiental

Tipo de área	Extensão das LTs por Região (km)					Total (km)
	Norte	Nordeste	Centro Oeste	Sudeste	Sul	
UC proteção integral	1	0	0	12	0	13
UC uso sustentável	135	557	181	1109	238	2.220
Terra indígena	118	0	0	0	0	118
Território quilombola	23	13	0	12	1	49
Assentamento do Incra	1.550	633	79	74	18	2.354

As interferências em áreas com restrições socioambientais variam significativamente entre as regiões brasileiras devido à heterogeneidade da distribuição espacial dessas áreas no território nacional. Além das áreas com restrições legais, que apresentam limites bem definidos para a estimativa das interferências, a ocupação e uso do solo é outro importante fator nas análises socioambientais, uma vez que pode apresentar sensibilidades socioambientais como, por exemplo, as áreas cobertas com vegetação nativa e as áreas

urbanas e periurbanas, que demandam medidas para a mitigação dos impactos ambientais no planejamento e na construção do empreendimento.

Na região Norte, a vegetação nativa é um tema de grande relevância, visto que as florestas nativas são predominantes no uso e ocupação do solo. Apesar da maioria dos traçados das linhas planejadas na região Norte atravessar áreas antropizadas, seguindo em paralelo às rodovias existentes, algumas das linhas planejadas, como a LT Juriti – Parintins, cruzam regiões remotas, com precária ou nenhuma infraestrutura viária. Para a construção dessas linhas, a necessidade de abertura de acessos aos locais das torres aumenta significativamente as interferências na vegetação nativa. No entanto, em empreendimentos implantados recentemente em áreas com floresta nativa preservada na Amazônia, os acessos deixam de ser utilizados após as obras, permitindo a recuperação natural da vegetação nativa, pelo processo de sucessão ecológica. Isso permite reverter a fragmentação florestal causada pelos acessos. Em alguns casos, como na LT Tucuruí – Manaus, os trechos da LT em áreas com vegetação florestal preservada e desprovidas de acessos foram construídos sem abertura de acessos, tendo as torres sido implantadas com apoio de helicópteros, que transportavam os materiais, equipamentos, insumos e mão de obra até as frentes de trabalho.

Em relação aos povos e terras indígenas, das LTs planejadas na região Norte, apenas a LT Lechuga – Equador (empreendimento que faz parte do conjunto de obras que conecta a capital Boa Vista ao Sistema Interligado Nacional) tem previsão de sobreposição em TI. Essa LT planejada localiza-se em uma região bem preservada, onde a única rodovia existente atravessa uma terra indígena. Ao seguir paralelo e contíguo à rodovia, o traçado planejado evita novas aberturas de acesso em ecossistemas naturais sensíveis e interferência em unidades de conservação.

No que diz respeito às distâncias definidas na Portaria Interministerial nº 60/201518, na região Norte outras seis LTs planejadas passam a menos de 8 km de distância de TIs. De acordo com a Portaria, os limites de distâncias das TIs são considerados como referência para a realização, no âmbito do licenciamento ambiental, de estudo específico sobre as comunidades indígenas em questão, que inclui diagnóstico, avaliação de impactos, medidas e programas (Estudo do Componente Indígena – ECI). Apesar de haver uma única sobreposição em TI dentre as LTs planejadas para o decênio, o tema é considerado relevante, pois implica complexo 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. Ao se buscar o desvio dessas áreas protegidas e proximidade com acessos viários, os assentamentos são inevitavelmente interferidos pelas LTs, principalmente pelas LTs em corrente contínua que escoarão energia da UHE Belo Monte a partir da SE Conversora de Xingu, e pelas LTs de corrente alternada provenientes da UHE Tucuruí.

Na região Nordeste, destaca-se o tema áreas protegidas, sendo observadas interferências em unidades de conservação de uso sustentável, sobretudo nas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) que, nesta região, abrangem remanescentes de caatinga pouco antropizados. Desse modo, a vegetação nativa também é um

<sup>18</sup> Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

tema que sobressai na região. Assim como ocorre na região Norte, a deficiente malha viária existente no interior da região contribui para maiores interferências na vegetação nativa devido à necessidade de abertura de acessos para a construção dos empreendimentos.

Com relação às populações tradicionais, constata-se a presença de um elevado número de comunidades quilombolas na região Nordeste. Atualmente, existe no Brasil uma deficiência de dados georreferenciados sistematizados em relação à localização das comunidades quilombolas, sendo difícil estimar as interferências das linhas de transmissão planejadas nas comunidades. A base de dados utilizada para a presente análise é o mapa dos territórios quilombolas identificados a partir dos Relatórios Técnicos de Identificação e Delimitação (RTID), que apresenta um total de 297 áreas, número muito inferior às mais de 2800 comunidades certificadas pela Fundação Cultural Palmares, das quais aproximadamente 1800 estão localizadas na região Nordeste (FCP, 2016). Dessa forma, apesar da falta de dados georreferenciados dificultar uma análise aprofundada do tema, 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.

No Centro-Oeste, devido à localização geográfica centralizada da região, passarão os empreendimentos de transmissão planejados para o escoamento das usinas geradoras das regiões Norte e Centro-Oeste, e LTs de interligação com a região Nordeste. As LTs desviam das terras indígenas existentes na região, interferindo principalmente em ambientes antropizados ocupados por pastagens e áreas de agricultura. Nesse cenário, destaca-se na região Centro-Oeste o tema organização territorial, uma vez que a cumulatividade de LTs planejadas para o centro do país pode potencializar conflitos futuros, tais como a limitação de uso de áreas de agricultura mecanizada.

Na região Sudeste, as maiores interferências das LTs planejadas ocorrem em áreas protegidas, na maior parte dos casos, em Áreas de Proteção Ambiental, unidades de conservação de uso sustentável. Muitas dessas UCs se apresentam antropizadas, chegando a compreender grandes áreas urbanas. Nesse sentido, atravessar tais áreas não significa necessariamente interferências com a vegetação nativa. O oposto acontece com as linhas que cruzam as UCs de proteção integral, situação que sucede, em geral, quando as UCs estão muito próximas a áreas urbanas e o desvio não é possível. Embora ocorra em proporções muito inferiores às interferências em UC de uso sustentável, nesses casos as áreas atravessadas encontram-se bem preservadas. Muitas dessas UCs abrigam remanescentes de vegetação nativa que são particularmente importantes diante do quadro atual do bioma Mata Atlântica, que, de uma forma geral, apresenta uma paisagem fragmentada, com poucas áreas cobertas por vegetação nativa, fato agravado ainda pela pressão que sofrem com a urbanização. 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, ressalta-se que devido ao relevo montanhoso, a interferência em APPs de topo de morro também é tema relevante para a região Sudeste.

Outro importante aspecto a ser destacado no Sudeste é a passagem das LTs planejadas por áreas urbanas e periurbanas, com intensa dinâmica de ocupação populacional. Nas áreas de expansão urbana há maior interferência das LTs aéreas com a população local, refletindo em conflitos relacionados a questões fundiárias e alteração da paisagem urbana. Com relação às áreas urbanas consolidadas, os empreendimentos têm sido preconcebidos como subterrâneos, permitindo que as novas linhas sejam implantadas sob a malha viária

existente de forma a diminuir as interferências citadas. Contudo, para esses empreendimentos observam-se outros tipos de interferências tais como transtornos com o tráfego viário e incômodos à população, ambos relacionados ao período de execução das obras.

No que se refere às áreas rurais na região Sudeste, algumas LTs planejadas atravessam médias propriedades rurais produtoras de cana-de-açúcar, sobretudo no estado de São Paulo. Diferentemente da maior parte das culturas, a cana-de-açúcar é incompatível com linhas de transmissão havendo, portanto, limitação de produção nas faixas de servidão.

Na região Sul, destaca-se a incidência da expansão da transmissão em vegetação nativa, com LTs planejadas que se estendem por remanescentes de Mata Atlântica bem preservados, em regiões serranas de difícil acesso. Outro tema que merece destaque no Sul são as áreas protegidas, uma vez que alguns traçados cruzam Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e relevantes Áreas de Preservação Permanente (APPs) associadas, principalmente, ao relevo acidentado da região Serrana e às áreas úmidas do Rio Grande do Sul.

Outro tema importante na região refere-se às áreas urbanas e de expansão urbana, destacando-se, nesse sentido, as linhas planejadas para a Região Metropolitana de Porto Alegre e para o Vale do Itajaí, em Santa Catarina. Com relação às paisagens, no Sul esse tema tem relevância tanto para as áreas de beleza cênica, a exemplo da LT planejada Abdon Batista – Siderópolis, que transpõe a Serra Geral, como para a paisagem urbana, em especial quanto às linhas localizadas em áreas de expansão urbana.

No âmbito deste PDE, destacam-se as interferências em vegetação nativa em todas as regiões, exceto no Centro-Oeste. O tema áreas protegidas se mostra mais relevante nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. As interferências em paisagens têm maior importância nas regiões Sudeste e Sul. A expansão do SIN para reforço dos subsistemas também impacta a organização territorial nos grandes centros, em especial nas regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, a organização territorial é relevante no Norte e Centro-Oeste devido aos possíveis conflitos pelo uso e ocupação do solo. A grande quantidade de Comunidades Quilombolas e a falta de dados georreferenciados faz este tema ser relevante na região Nordeste. Por fim, a interferência direta de uma LT em TI e a proximidade com outras, faz dos povos e terras indígenas um tema relevante na expansão do sistema de transmissão na região Norte.

A Tabela 10 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão da transmissão planejada neste PDE 2026.

**Tabela 10 – Indicadores socioambientais da expansão da transmissão de energia elétrica**

<b>AMBIENTAIS</b>	
Extensão total das LTs (km)	46.897
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)	2.220
<b>SOCIOECONÔMICOS</b>	
Extensão total da incidência de LTs em assentamentos do Incra (km)	2.354
Nº de LTs com interferência direta em TI	1 de 321 LTs (aproximadamente 118 km)
Nº de LT situadas a menos de 8 km de TI na Amazônia Legal ou a menos de 5 km nas demais regiões <sup>(1)</sup>	28 de 321 LTs (aproximadamente 302 km)
Nº de LTs com interferência direta em TQ <sup>(2)</sup>	7 de 321 (aproximadamente 49 km)
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(3)</sup>	140.050

Notas: (1) Distâncias definidas no Anexo I da Portaria Interministerial nº 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 326 LTs, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados.

A expansão da transmissão traz novos desafios que ao serem enfrentados levam ao constante aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias que visam mitigar os impactos de LTs sobre o ambiente em que elas incidem. Nos últimos anos, têm destaque as travessias de grandes corpos d'água, principalmente na região Norte, que promovem o desenvolvimento de torres cada vez mais altas para transpor os vãos entre as margens e garantir a navegabilidade dos rios.

Nas LTs de reforço aos grandes centros urbanos, destacam-se as dificuldades com as chegadas de linha, devido ao pouco espaço disponível em decorrência da proximidade ou mesmo inserção em áreas urbanas. Nesses casos geralmente se utilizam torres compactas, que ocupam menor área, ou linhas subterrâneas, que têm custo mais elevado.

No intuito de mitigar as interferências em vegetação nativa, os órgãos licenciadores têm exigido que seja suprimida apenas a faixa de serviço para lançamento dos cabos, no momento da implantação do empreendimento, em vez de toda a faixa de servidão como se usava fazer, reduzindo significativamente a supressão de florestas. Ressalta-se que a faixa de serviço aberta na fase de construção pode ser reflorestada, desde que se utilizem torres alteadas. Em alguns casos, em locais preservados e com poucos acessos, é solicitado que o lançamento de cabos guia seja feito por helicóptero, ou mesmo VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado), evitando a supressão de vegetação para abertura de acessos.

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

### 4.1 PRODUÇÃO E OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E DERIVADOS

Petróleo e gás natural são largamente utilizados no mundo e o aumento de reservas e a manutenção do estoque de combustíveis contribui para o aumento da segurança energética no país. Apesar dos esforços para inserção de alternativas renováveis na matriz energética, petróleo e gás natural continuarão a ter participação significativa nos próximos anos. Isso se deve principalmente 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.

O uso do petróleo abrange fins 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); para fins não energéticos (asfaltos, lubrificantes, solventes, graxas, parafinas e outros produtos, além de matéria-prima para a indústria petroquímica). Destaca-se que, no sentido de propor ações e medidas para estimular investimentos e a diversificação do setor de abastecimento de combustíveis no país, foi lançado o projeto Combustíveis Brasil (BRASIL, 2017b). Biocombustíveis alternativos, com destaque para etanol e biodiesel, estão aumentando a participação na matriz energética no que se refere ao setor de transporte; entretanto, para os demais usos, a substituição do petróleo e do gás natural é mais complexa.

Do mesmo modo que o petróleo, o gás natural é empregado como combustível nos setores residencial, industrial, de transporte e na geração termelétrica e também como suprimento na petroquímica, entre outros. Ressalta-se que, no Brasil, o recente lançamento da iniciativa Gás para Crescer irá propor aprimoramentos ao arcabouço normativo do setor, de forma a assegurar confiabilidade no suprimento de gás natural e promover competitividade, permitindo a ampliação da participação do gás natural na matriz energética brasileira (BRASIL, 2016). Recentemente, o gás natural tem ganhado importância e aumentado a sua participação na matriz também por ser menos poluente que outros combustíveis (como carvão e os derivados de petróleo). Isto se deve à baixa concentração de contaminantes em sua composição, o que resulta em menores emissões de poluentes atmosféricos, além de sua queima gerar menores emissões de GEEs. Por isso, muitos consideram o gás natural um combustível que favorece a transição para uma economia de baixo carbono (KITASEI, 2010).

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 petróleo (RNC) de diversos tipos: *tight gas* (gás em formações fechadas), *shale gas* (gás de folhelho), *oil shale* (óleo de folhelho pirobetuminoso), *shale oil* (betume) e hidratos de gás natural (EPE, 2014b). No entanto, ainda são recursos cujas atividades de exploração e produção (E&P) suscitam manifestações contrárias em alguns países, devido aos riscos de impacto ambiental, além do fato de, para alguns casos, a produção comercial ainda não ser economicamente viável.

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

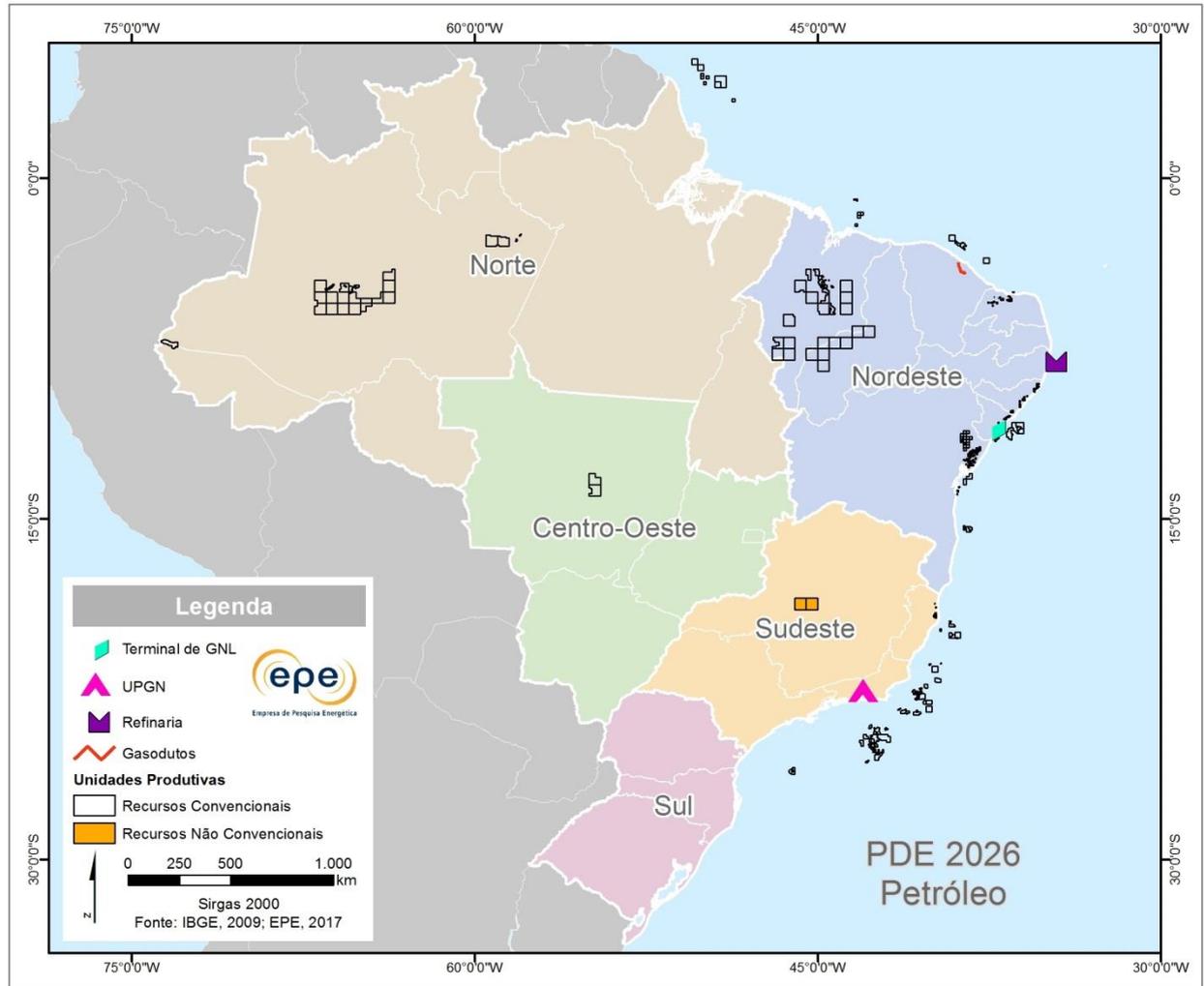
governamentais que sempre se destacaram em volume de recursos financeiros foram os *royalties* e participações especiais.

A produção nacional de petróleo em 2016 foi de 2,61 milhões de barris por dia e a de gás natural foi de 103,5 milhões de m<sup>3</sup> por dia. O Rio de Janeiro foi o estado que mais produziu petróleo, tendo sido responsável por 66% da produção. Em 2016, os campos marítimos foram responsáveis por 94% da produção. A produção de gás natural é mais distribuída no território brasileiro, sendo Rio de Janeiro, São Paulo, Amazonas e Espírito Santo os maiores produtores, responsáveis respectivamente por 43,8%, 15,4%, 13,5% e 10,3% da produção nacional em 2016. Os campos marítimos foram responsáveis por 71% da produção de gás natural no ano de 2016 (BRASIL, 2017a).

O sistema de abastecimento brasileiro é composto por diversos agentes, dentre eles refinarias e unidades de processamento de gás natural (UPGNs), que produzem derivados de petróleo e gás natural seco, respectivamente. O parque de refino nacional atual é composto por 13 refinarias da Petrobras, além da Usina Industrial do Xisto (SIX), e 4 refinarias privadas, com capacidade de processamento de petróleo na ordem de 380 mil m<sup>3</sup> por dia. O sistema conta também com 14 UPGNs. Além disso, a infraestrutura para movimentação de petróleo, gás natural e derivados é formada por dutos, terminais terrestres e aquaviários, rodovias e ferrovias. Para o gás natural em especial, existem 3 terminais de regaseificação e 9.409 km de malha de gasodutos. Visto que a produção nacional de petróleo e gás natural se concentra no mar, a infraestrutura presente se localiza predominantemente na costa.

Após a elaboração das previsões de produção constantes do PDE 2026, está previsto que 304 unidades produtivas (UPs) de exploração e produção de petróleo e gás natural iniciarão sua produção de recursos convencionais ao longo do decênio 2017-2026. As UPs possuem as seguintes categorias de recurso: recursos descobertos com comercialidade comprovada (RT), recursos contingentes nas áreas contratadas (RC) e recursos não descobertos (potencial petrolífero) nas áreas contratadas (RND-E). Ressalta-se que a elaboração das curvas de produção constantes do PDE 2026 contou com a contribuição da análise de sensibilidade ambiental das UPs e das UPUs (unidades produtivas da União, áreas não contratadas), conforme metodologia definida por EPE (2014a). Além disso, estão previstos os seguintes novos empreendimentos para o decênio: 1 refinaria, 1 UPGN, 2 gasodutos e 1 terminal de regaseificação, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Unidades produtivas, refinarias, terminais, gasodutos e UPGN planejados



Notas: (1) As fontes para o mapeamento de Unidades Produtivas estão referenciadas no item que trata da "Produção de Petróleo e Gás Natural" do PDE 2026; IBGE, 2009.

(2) UPs planejadas incluem recursos descobertos e recursos não descobertos contratados.

(3) O tamanho do polígono das UPs não é proporcional ao volume de produção ou às interferências socioambientais.

Conforme observado na Figura 9, as UPs *onshore* estão localizadas nas regiões Norte (AM), Nordeste (MA, PI, RN, AL e BA) e Centro-Oeste (MT). Já as UPs *offshore* estão concentradas principalmente na região Sudeste, com ocorrência também no Nordeste e no Norte, no litoral do Amapá. Além disso, está prevista contribuição de RNC, no caso, gás em formação fechada (*tight gas*) localizado em Minas Gerais (bacia sedimentar do São Francisco), no último ano do decênio.

Também está prevista a instalação de um terminal de regaseificação (situado no porto de Sergipe - SE), uma UPGN, no Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (RJ) (COMPERJ) e a ampliação da capacidade de processamento da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), localizada ao sul da Região Metropolitana de Recife (PE).

Dois gasodutos estão previstos para entrada em operação no decênio. Um deles, já em construção, é o trecho Horizonte/CE – Caucaia/CE, com 83,6 km, integrante do projeto original do Gasoduto de Transporte Serra do

Mel – Pecém (GASFOR II). O outro gasoduto previsto para o decênio é o Itaboraí - Guapimirim, com 11 km, situado no estado do Rio de Janeiro.

### **Interferências socioambientais relevantes**

A análise de riscos socioambientais regionais busca sinalizar os principais riscos de abrangência regional associados às atividades de E&P e à instalação dos gasodutos, refinarias, UPGNs e terminais de regaseificação planejados e que deverão ser foco de gestão por parte do poder público e dos empreendedores.

No que concerne aos empreendimentos de E&P, as UPs foram classificadas quanto à complexidade esperada nos respectivos processos de licenciamento ambiental da atividade de perfuração, a partir dos seguintes temas: nível de exigência (segundo as Diretrizes Ambientais para a 9ª Rodada de Licitações), áreas protegidas e APCBs (Áreas Prioritárias para Conservação, Uso sustentável e repartição de benefícios da Biodiversidade Brasileira). A sobreposição desses temas subsidiou a classificação de complexidade para as 304 UPs planejadas no decênio, de acordo com a metodologia da EPE (EPE, 2014a), e destas, 45% (138) apresentaram complexidade ambiental baixa e 48% (145) média. Essa análise também contribuiu para a elaboração das curvas de produção apresentadas no PDE 2026. Nota-se que também é previsto o início da participação das unidades produtivas da União (UPUs) na produção de petróleo e gás natural a partir de 2023, no entanto, elas não foram classificadas por grau de complexidade ambiental. Isso deve-se ao fato de ocuparem uma área muito extensa e, por isso, não poderem ser classificadas em somente uma faixa de complexidade, segundo os critérios utilizados.

Considerando as sensibilidades típicas das diferentes regiões para as quais as UPs estão planejadas no horizonte deste PDE 2026, indica-se, a seguir, os principais riscos esperados, contribuindo para sua gestão.

Os impactos reais e potenciais no ambiente marinho para a biodiversidade aquática dos litorais Norte, Nordeste e Sudeste apresentam diferentes aspectos. No litoral Norte, os estuários são ecossistemas de relevância regional, habitats de crescimento de espécies aquáticas marinhas e de água doce. Além disso, as bacias de Pará-Maranhão e de Foz do Amazonas são pouco conhecidas quanto à sua biota. No Nordeste, o fato de a plataforma continental ser mais estreita resulta em atividades de E&P mais próximas à costa. Neste caso, os impactos reais sobre a paisagem e a pesca artesanal são evidentes. O óleo produzido nessa região tende a ser pouco denso (maior degradabilidade), com menores impactos em caso de vazamento. Entretanto, os impactos potenciais não podem ser negligenciados, dado que o tempo de toque do óleo na costa, no caso de um possível acidente, é relativamente baixo. Por outro lado, no Sudeste, apesar de as UPs estarem posicionadas mais distantes da costa, a maior quantidade de empreendimentos majora a probabilidade de ocorrência de vazamentos. Além disso, a atividade sísmica pode provocar impactos em cetáceos. Impactos na pesca comercial e em áreas urbanas também são esperados nessa região, no entanto, são aspectos recorrentes para as atividades de E&P existentes e com os quais os órgãos públicos e empreendedores já lidam tradicionalmente.

No ambiente terrestre, as UPs do Norte podem apresentar impactos potenciais aos complexos ecossistemas amazônicos. Como no caso da Bacia do Solimões, caso haja vazamentos de óleo em grandes proporções nos corpos hídricos destas regiões, isso acarretaria em impactos sobre a biodiversidade aquática, ainda que a probabilidade tenda a ser baixa porque a exploração em geral é distante dos corpos hídricos. No Centro-Oeste, as UPs planejadas estão ainda mais distantes de corpos hídricos de grande porte e num contexto de

antropização, minimizando ainda mais os riscos associados. Na região Nordeste, a limitada disponibilidade de recursos hídricos demanda cuidado redobrado para evitar derramamento em corpos d'água, que poderia levar a consequências socioeconômicas.

A exploração e a produção de recursos não convencionais demandam a utilização de fraturamento hidráulico como método de extração que, apesar de já ser conhecido da exploração convencional, é aplicado de forma mais intensiva e invasiva, potencializando os riscos socioambientais. Seus principais riscos estão associados ao alto consumo de água<sup>19</sup> e ao risco de contaminação de aquíferos, questões que demandam atenção, especialmente na região Sudeste, para onde está previsto durante decênio o início da produção de UPs.

Diante do exposto, tem-se que o tema biodiversidade aquática se mostrou relevante para o ambiente marinho e dulcícola das regiões Norte, Nordeste e Sudeste. No caso da região Nordeste, as interferências sobre a paisagem e os recursos hídricos também devem ser foco de gestão. Para o Sudeste, o tema recursos hídricos também é importante devido à previsão de produção de recursos não convencionais.

Dentre as interferências positivas estão as participações governamentais e os empregos diretos gerados. Tais benefícios, no caso das atividades de E&P, são calculados 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 (PE) sobre as receitas das atividades de E&P relativas às unidades produtivas de recursos descobertos dentro do horizonte deste PDE 2026. Ressaltamos ainda que as referidas arrecadações variam em função dos volumes produzidos, do regime fiscal e cambial<sup>20</sup>, dos preços praticados nos mercados nacionais e internacionais do petróleo e gás natural. Sendo assim, dadas as premissas assumidas neste horizonte, a estimativa potencial é de cerca de R\$ 274 bilhões.

A estimativa para geração de empregos diretos considerou a possível demanda por profissionais para atuarem em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou de partilha de produção. Ressalta-se ainda que para efeito de cálculo foram considerados os recursos descobertos (RD) e não descobertos (RND), incluindo as áreas ainda não ofertadas (UPUs). Nessas condições conjunturais, em função das possíveis atividades de E&P planejadas para o decênio, estima-se que a geração de empregos diretos gire em torno de 34 mil. Há que se considerar que as estimativas para participações governamentais e empregos diretos estão sujeitas à conjuntura político-econômica instável. No entanto, há expectativa que ao longo do decênio haja retomada do preço do petróleo, principalmente na segunda metade do período, conjugado com o aumento da taxa cambial.

A Tabela 11 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão de E&P de petróleo e gás natural no decênio.

<sup>19</sup> Entre 10.000-25.000 m<sup>3</sup> de água por poço (AMEC, 2013)

<sup>20</sup> Considerando a taxa de câmbio média de R\$ 3,20 e ajuste no deságio conforme observado nos últimos meses de cálculo dos preços de referência feito pela ANP.

**Tabela 11 – Indicadores de E&P de petróleo e gás natural<sup>(1)</sup>**

AMBIENTAIS	
Nº de UPs com interferência em UC de proteção integral	nenhuma das 304 UPs
Nº de UPs com interferência em UC de uso sustentável	17 de 304 UPs
SOCIOECONÔMICOS	
Nº de UPs que interferem diretamente em TI	nenhuma das 304 UPs
Empregos diretos gerados (valor acumulado) <sup>(2)</sup>	34.000
Recursos financeiros gerados – média anual <sup>(3)</sup> ( R\$ bilhões)	274

Notas: (1) Indicadores ambientais estimados a partir de: Eletrobras, 2011; Funai, 2016 e MMA, 2016. Indicadores socioeconômicos estimados a partir das curvas de produção constantes do item que trata da "Produção de Petróleo e Gás Natural" do PDE 2026.

(2) Estimativa de demanda por profissionais para atuar em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou partilha de produção.

(3) Royalties e participações especiais destinados a estados e municípios, calculados apenas para os recursos descobertos.

Em relação à expansão do parque de refino, está prevista a entrada em operação do segundo trem da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), além de uma UPGN no Comperj, ambos projetos atualmente em fase de construção. Dentre as principais interferências associadas a refinarias está a alteração da qualidade do ar. Os processos energo-intensivos realizados na refinaria emitem como principais poluentes óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono, material particulado, aldeídos e amônia, também ocorrem emissões fugitivas de hidrocarbonetos provenientes de pequenos escapes de equipamentos (USEPA, 2015). Além disso, há o aumento da demanda por serviços e infraestrutura, causando pressão sobre os núcleos populacionais próximos. Portanto, os temas qualidade do ar e organização territorial se destacam para a região Nordeste. No Nordeste, ainda sobressai a interferência das instalações sobre a paisagem e seu potencial turístico. No Sudeste, a UPGN do Comperj está inserida neste complexo petroquímico e suas interferências não puderam ser dissociadas das demais unidades de processamento. O Comperj foi construído em uma paisagem regional já degradada, no entanto, sua instalação causou interferência sobre áreas protegidas próximas, que contêm remanescentes de vegetação nativa de grande relevância para o contexto regional. O terminal de regaseificação previsto para entrada em operação no horizonte está situado na região Nordeste também em área de grande potencial turístico e, portanto, com perspectiva de alteração relevante sobre a paisagem.

A Tabela 12 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão de refino e UPGN no decênio.

**Tabela 12 – Indicadores de refino e UPGN**

SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras	25.000

Nota: Números estimados a partir de informações do Rima da RNEST (FADE-UFPE/Petrobras 2006) e Rima da UPGN Comperj (Mineral/Petrobras 2012).

Em relação aos gasodutos (Tabela 13), está prevista a construção de cerca de 95 km no decênio, distribuídos nos estados do Rio de Janeiro e Ceará. Não há interferência com Unidades de Conservação de Proteção Integral ou Terras Indígenas, e a interferência com UC de uso sustentável está no estado do Rio de Janeiro e

interseção com assentamento rural no estado do Ceará. Estima-se que sejam gerados no pico das obras cerca de 1.500 empregos diretos.

Tabela 13 – Indicadores de gasodutos

AMBIENTAIS	
Extensão total dos gasodutos	94,6 km
Extensão em UCs de uso sustentável	2,22 km
Extensão em UCs de proteção integral	0
SOCIOECONÔMICOS	
Extensão em TIs	0
Extensão em assentamentos rurais	3,85 km
Empregos diretos gerados no pico das obras <sup>(1)</sup>	1.500

Nota: Números estimados a partir de informações do Rima do Gasoduto Japeri-Reduc (Biodinâmica/Petrobras 2006) e EIA Caraguatubá-Taubaté (Biodinâmica/Petrobras 2007).

### Desafios para a gestão socioambiental

O aumento previsto das atividades de E&P e a implantação da nova unidade de refino, da UPGN e do terminal de regaseificação requerem a gestão das interferências ambientais negativas e positivas, de modo a garantir um desenvolvimento sustentável associado ao setor. As principais questões envolvem gerenciamento de recursos hídricos e efluentes, emissão de GEE e de gases poluentes, além de gerenciamento de acidentes, como vazamentos de óleo.

Sobre o consumo de recursos hídricos e geração de efluentes, é importante o incentivo à implementação de tecnologias para o reuso de forma a minimizar a captação de água e a geração de efluentes líquidos, características já contempladas no projeto da RNEST.

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. Portanto, existe grande pressão internacional pela substituição dos combustíveis fósseis com objetivo de reduzir as emissões de GEE e minimizar os efeitos das mudanças climáticas.

Nos fóruns de discussão do setor petrolífero se observa preocupação com as emissões de GEE e as metas de redução constantes do Acordo de Paris. Nesse sentido, entende-se o gás natural como combustível de transição para uma economia de baixo carbono, pelo fato de sua queima gerar menores emissões de GEE que os demais combustíveis fósseis.

Para atender as metas do Acordo de Paris, seu consumo deveria estabilizar ao longo do tempo nos níveis atuais, diferentemente dos demais combustíveis fósseis, cuja produção e consumo deveriam ser reduzidos. Dentre as estratégias aventadas para minimizar as emissões pelo setor, o armazenamento de carbono continua sendo objeto de investimentos, apesar de ainda ser um processo dispendioso.

Para a redução de emissões de poluentes atmosféricos e GEE, deve-se investir na otimização dos processos, além de aplicar medidas para minimizar, abater e monitorar as emissões da cadeia de petróleo e gás natural. Destaca-se a necessidade de contínuo investimento na redução da queima de gás em *flare* nas atividades de E&P, permitindo seu melhor aproveitamento. No caso da exploração do pré-sal é especialmente relevante o controle da geração/emissões de CO<sub>2</sub>. Neste sentido a Petrobras tem implementado o Programa Tecnológico de Gerenciamento do CO<sub>2</sub> no Desenvolvimento do Pré-Sal. Ressalta-se também a importância da minimização de emissões fugitivas por meio da cobertura e instalação de sistema de recuperação e tratamento de gases em separadores e tanques, além da realização de manutenções periódicas em válvulas e equipamentos.

Observa-se que o desenvolvimento tecnológico é frequentemente alavancado pelo próprio setor, em resposta a pressões ambientais da sociedade e dos próprios órgãos ambientais. Existem recursos financeiros específicos para estimular novas tecnologias para o setor, aqueles destinados a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), provenientes de obrigação contida nos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural. Dentre nove temas tratados por projetos contemplados entre 2006 e 2016 (exploração, produção, abastecimento, gás natural, biocombustíveis, meio ambiente, estudos de bacias com aquisição de dados, recursos humanos e temas transversais/outros), o tema “meio ambiente” contou com 127 projetos e R\$ 217 milhões (4,64% dos recursos) (ANP, 2017a). Pode-se esperar ainda benefícios indiretos ao meio ambiente dos investimentos realizados nos demais temas, a julgar pela tendência de que novas tecnologias sejam desenvolvidas no sentido de uso racional de recursos.

Além disso, têm-se observado união de forças entre o setor produtivo e o ambiental, gerando informações e antecipando questões que historicamente oneram o Licenciamento Ambiental. Um exemplo foi o Acordo de Cooperação Técnica firmado entre Ibama e o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP – entidade associativa das empresas de petróleo), com vistas ao atendimento ao Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional. Este Acordo resultou em produtos importantes, recentemente divulgados e que contribuem para a gestão ambiental das atividades de E&P. O principal deles foi o Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo (IBAMA & IBP, 2016b), que inclui: Manual de Boas Práticas; Plano de Fauna Oleada do Ibama; Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar; e banco de dados georreferenciado que indica a ocorrência de locais sensíveis a eventuais derramamentos de óleo (IBAMA & IBP, 2013). Também está em elaboração no âmbito desse Acordo o Plano de Área da Bacia de Campos, plano coletivo entre as empresas que atuam na bacia para atendimento a acidentes com derramamento de óleo (IBAMA & IBP, 2016a).

No âmbito do planejamento, estão sendo realizadas as primeiras Avaliações Ambientais de Áreas Sedimentares (AAAS) que buscam amenizar as interferências ambientais e as incertezas no Licenciamento Ambiental (BRASIL 2012a; 2014a e b). As AAAS buscam conciliar o desenvolvimento das futuras atividades de petróleo e gás natural com os aspectos socioambientais regionais. Essas avaliações serão importantes para subsidiar ações governamentais e aumentar a segurança jurídica no licenciamento ambiental. Ressalta-se que estas avaliações possuem caráter estratégico, incluindo a classificação de aptidão de áreas e que não esgotam questões regionais e especialmente locais.

Cabe destacar ainda que a possibilidade de produção de recursos não convencionais no país (*shale gas* e *tight gas*) tem gerado diversas manifestações contrárias, devido às preocupações com os impactos ambientais que pode ocasionar, especialmente relacionadas aos recursos hídricos. Tendo em vista essas preocupações, a ANP

publicou a Resolução nº 21/2014 que estabelece os requisitos essenciais e os padrões de segurança operacional e de preservação do meio ambiente para a atividade de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional (ANP, 2014). Além disso, no âmbito do Comitê Temático de Meio Ambiente do PROMINP (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural) foi realizado estudo para preencher lacunas de conhecimento e contribuir para a ampliação de um debate qualificado acerca da atividade de exploração e produção de recursos petrolíferos não convencionais no Brasil, que resultou na divulgação do relatório “Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil” com levantamentos acerca dos impactos e medidas de mitigação, aperfeiçoamento da resolução 21/2014 da ANP, proposição de atos normativos, entre outros (Promimp, 2016).

## 4.2 ETANOL

O etanol é um combustível renovável utilizado como substituto direto da gasolina automotiva. No Brasil é misturado compulsoriamente à gasolina A21 em percentual que varia de 20 a 30% (etanol anidro) ou utilizado puro (etanol hidratado). Os motores flex-fuel disponíveis no Brasil são capazes de operar com qualquer percentual de mistura.

Os principais benefícios ambientais de seu uso estão relacionados à redução de emissões de poluentes, como o CO, material particulado, SOx e compostos orgânicos tóxicos, que causam impacto sobre a qualidade do ar nos centros urbanos. 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 pela cana-de-açúcar na fotossíntese, o que implica em um balanço emissões de GEE mais favorável na comparação com a gasolina. Em 2010, a Agência de Proteção Ambiental americana (EPA, na sigla em inglês) definiu o etanol de cana-de-açúcar como biocombustível avançado, capaz de reduzir no mínimo 61% das emissões de GEEs na comparação com os combustíveis fósseis (EPE, 2010).

Além disso, trata-se de um composto biodegradável e de baixa toxidez, o que implica em menores impactos no caso de vazamentos no solo ou na água, quando comparado à gasolina. Outro ponto importante é que o etanol anidro adicionado à gasolina substituiu com eficácia os compostos a base de chumbo (metal pesado), como o chumbo tetraetila, que teve seu uso banido devido ao seu potencial de impacto ambiental.

O setor sucroalcooleiro brasileiro possui bastante experiência acumulada e muitos impactos ambientais da cadeia de produção de açúcar e etanol foram sendo reduzidos ao longo do tempo. Um dos principais impactos está relacionado à queima da palha no campo antes da colheita. Tal prática tem sido inibida por meio de legislação e de acordos firmados entre a iniciativa privada e o poder público, como o Protocolo Agroambiental, firmado entre o governo de São Paulo e o setor produtivo, que antecipa voluntariamente o fim das queimadas e define metas mais restritivas para a proteção dos remanescentes florestais de nascentes e de matas ciliares e para a redução de consumo de água na etapa industrial. Com efeito, o objetivo de reduzir o uso do fogo na colheita tem sido alcançado e os índices de mecanização da colheita já se encontram bastante elevados na região Centro-Sul, na ordem de 90% em média. Estima-se que ao final do horizonte decenal a

---

21 De acordo com a Resolução ANP nº 40, de 25/10/2013, a gasolina A é combustível produzido a partir de processos utilizados nas refinarias, nas centrais de matérias-primas petroquímicas e nos formuladores, destinado aos veículos automotivos dotados de motores de ignição por centelha, isento de componentes oxigenados.

mecanização atinja toda a área mecanizável dessa região. Além de evitar impactos na qualidade do ar, o fim das queimadas reduz o consumo de água, reduz danos sobre a fauna e potencializa o aproveitamento da palha para fins energéticos e de conservação das características estruturais do solo.

No que diz respeito aos subprodutos da cana, a indústria sucroalcooleira tem sido bem sucedida no seu reaproveitamento, reduzindo os impactos ambientais, aumentando a eficiência e competitividade do setor. O bagaço, principal resíduo sólido, é empregado na cogeração de energia. Sua queima gera energia térmica e elétrica, cujo excedente tem sido comercializado para a rede, sobretudo pelas usinas mais eficientes.

Em 2016, a área colhida de cana no país para todos os usos foi de 9,6 milhões de hectares, dos quais 8,9 milhões de hectares foram dedicados à produção de açúcar e etanol<sup>22</sup> e a maior parte se concentra na região Sudeste (63%) e Centro-Oeste (18%) (IBGE, 2016a), exatamente onde está a maior concentração de usinas em atividade, conforme Figura 10.

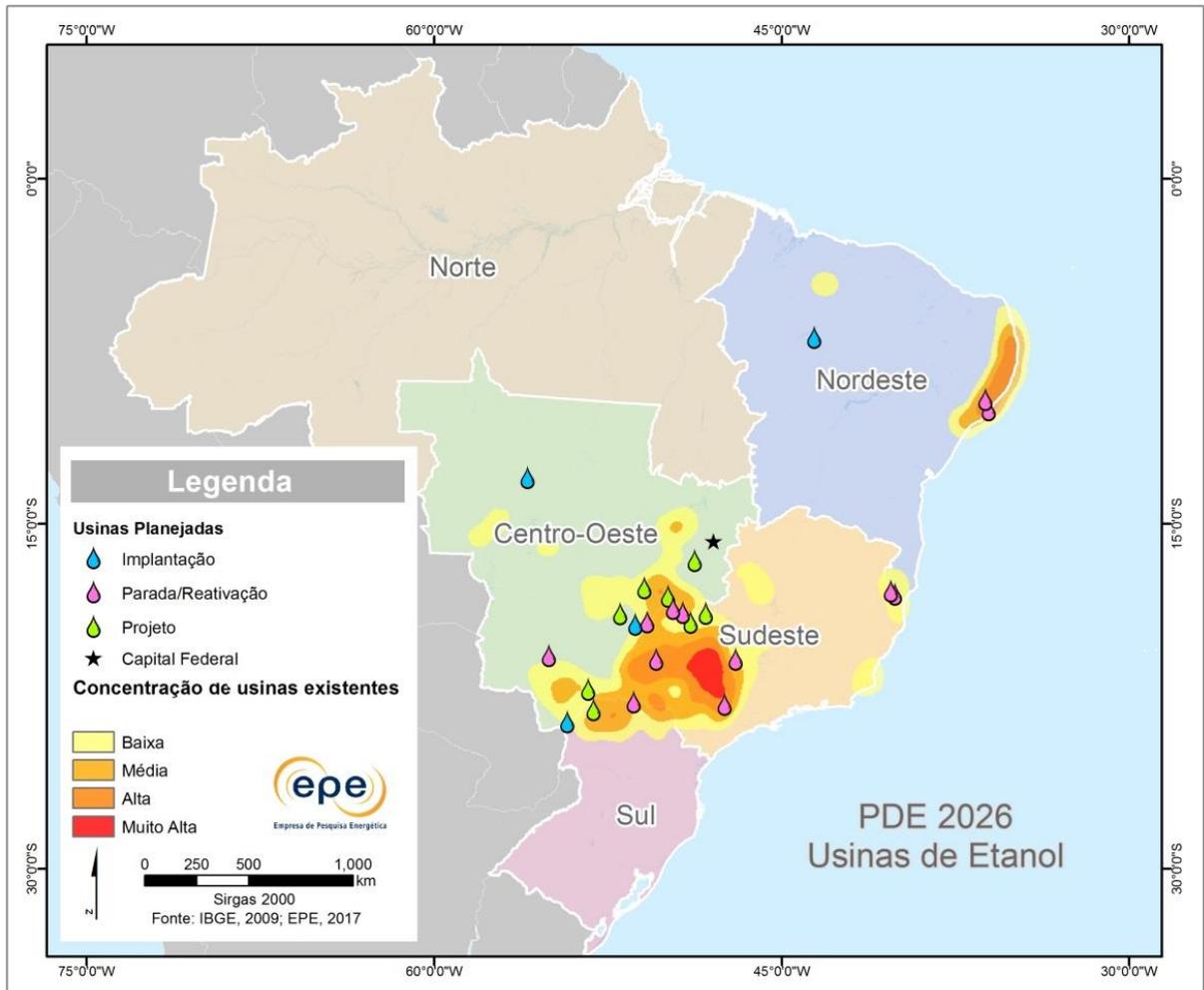
O cenário de oferta de etanol do PDE 2026 prevê expansão da produção em aproximadamente 57% no horizonte decenal, passando de cerca de 27 bilhões de litros, em 2017, para aproximadamente 43 bilhões de litros, em 2026.

As usinas planejadas para atender o aumento da oferta de etanol estão localizadas nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste, Noroeste do Paraná, Zona da Mata e Semiárido Nordeste. Em sua maioria ocupam áreas de alta e média aptidão agrícola para cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2009). A Figura 10 apresenta a concentração das usinas em operação através do diferencial de cores, assim como a localização das usinas planejadas (em implantação, reativação e previstas para entrada em operação) no horizonte decenal, sinalizando as zonas de expansão.

---

<sup>22</sup> As demais áreas são destinadas principalmente à produção de cachaça. Também inclui áreas para outros usos da cana-de-açúcar e que estão em reforma.

Figura 10 – Concentração de usinas existentes e localização das usinas planejadas



As novas usinas (projeto e implantação) estão localizadas principalmente nas áreas limítrofes de baixa e média concentração de usinas existentes, conforme ilustrado na Figura 10, sinalizando certo nível de saturação na regiões de concentração alta e muito alta, situadas majoritariamente em São Paulo. De fato, a região de concentração muito alta, de cor vermelha na Figura 10 engloba 40 das 372 usinas em operação. Destaca-se, assim, a expansão do setor rumo à Região Centro-Oeste, onde as novas plantações de cana-de-açúcar deverão ocupar áreas degradadas e competir pelo uso do solo com a pecuária e outras culturas.

Conforme mostrado no documento do PDE 2026, a área colhida com cana-de-açúcar exclusivamente para produção de açúcar e etanol é estimada em 8,95 Mha em 2026. Já a produtividade deve variar de 75,5 ton/ha em 2017 para 87,31 ton/ha em 2026, considerando a entrada de variedades mais produtivas.

As principais questões que permeiam a avaliação socioambiental da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar são: a geração de resíduos e subprodutos, a disponibilidade de recursos hídricos, e as questões associadas à mão de obra. No entanto, ao analisar a expansão sucroalcooleira no horizonte decenal, considerou-se a geração de resíduos como tema mais revelante.

A vinhaça é o principal efluente industrial e apresenta forte potencial poluidor caso disposto inadequadamente nos solos e recursos hídricos. Seu volume de produção é de cerca de 12  $\ell/\ell$  de etanol, em média. Mantidos esses índices, em 2026 o volume estimado de produção de vinhaça será cerca de 517 bilhões de litros (517 milhões de  $m^3$ ). 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) desde que seja aplicado corretamente. Outros subprodutos com potencial poluidor como torta de filtro, cinzas e fuligens também podem ser reaproveitados na lavoura desde que manejados de forma correta.

No entanto, cabe destacar que ainda que a fertirrigação seja uma prática bem sucedida pelo setor, a técnica apresenta limitantes ambientais<sup>23</sup> e econômicos, como o custo do transporte para o local de aplicação, implicando em busca por melhorias ou novas soluções para o problema. Tendo em vista os volumes de etanol projetados no decênio, a questão dos resíduos gerados na atividade foi considerada relevante para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, em que se prevê grande parte da expansão.

No que diz respeito ao consumo de água, no cultivo, espera-se que a irrigação permaneça prescindível. Já na fase industrial, 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). O consumo, que já esteve no patamar de 5  $m^3/t.cana$  nos anos 90, atualmente é da ordem de 1,12  $m^3/t.cana$  nas usinas signatárias do Protocolo Agroambiental (SÃO PAULO, 2016a). A expectativa é que novas tecnologias em desenvolvimento possam levar o consumo a patamares abaixo de 0,5  $m^3/t.cana$  (NETO, 2016).

O avanço da mecanização e a redução no consumo de água são fenômenos observados principalmente na região Centro-Sul. Na região Nordeste, entretanto, estes indicadores têm evoluído mais lentamente. Em alguns estados, o índice de mecanização é inferior a 10% e grande parte da colheita é realizada após a queima do canavial, com emissões significativas de material particulado. Contudo, com a baixa expectativa de crescimento do setor sucroalcooleiro no Nordeste, a qualidade do ar e o consumo de água foram consideradas questões pouco relevantes do ponto de vista da expansão no horizonte decenal.

O potencial de geração de empregos e as condições de trabalho na cadeia produtiva do etanol são os aspectos socioeconômicos relevantes para a análise da atividade sucroalcooleira. Especialmente 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. Por outro lado, tem efeito direto na supressão de postos de trabalho. Em média uma colheitadeira substitui entre 80 e 100 trabalhadores, o que tem reduzido a relação de trabalhador por tonelada de cana. Considerando que os trabalhadores dispensados têm baixa qualificação, o que leva a dificuldades para encontrarem oportunidades em outras áreas, os setores públicos e privados vem 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).

<sup>23</sup> Norma Técnica Cetesb P 4.231, 3ª Edição, 2ª versão. Fevereiro de 2015.

Segundo dados do Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS, 2017), o setor registrou em 2015 cerca de 536 mil empregos em todo país, somando-se os empregos do cultivo e do processamento de cana para açúcar e etanol. 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 mais de 570 mil empregos em 2026. Dessa forma, mesmo com o efeito da colheita mecanizada, estima-se um crescimento médio anual de 0,7% 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). A Tabela 14 apresenta a estimativa de empregos ao longo do horizonte decenal<sup>24</sup>.

Tabela 14 – Estimativa de empregos no cultivo de cana – Brasil

Ano	Produção (10 <sup>6</sup> t) <sup>(1)</sup>	Colheita mecanizada (10 <sup>6</sup> t) <sup>(2)</sup>	Colheita mecanizada (%) <sup>(3)</sup>	Colheita Manual (10 <sup>6</sup> t) <sup>(4)</sup>	Total de empregos (mil)
2017	668,0	611	91,4%	57	536
2022	777,4	720	92,6%	58	540
2026	820,5	763	93,0%	57	570

Notas: (1) Considerando estável no decênio a participação desses estados na produção nacional de cana em 2012, 90%, sendo 55% SP e 35% demais estados (IBGE, 2016a)

(2) Considerando a variação do índice de mecanização de 90% em 2015 para SP (SÃO PAULO, 2016a) até 100% a partir de 2017; e 94% em 2014 para os demais estados do Centro-Sul (NOVACANA, 2016), atingindo 100% em 2021: e de 20% em 2016 até 30% nas regiões Norte e Nordeste (EPE a partir de URFPE, 2016) .

(3) Considerando os seguintes dados de produtividade: colheita mecanizada: 300 t/dia por empregado; colheita manual: 8,7 t/dia por empregado; safra de 130 dias (Fonte: Instituto de Economia Agrícola, IEA/SP)

(4) Considerando indicador variável de emprego por tonelada de cana processada, com base na tendência dos últimos 10 anos (MTE, 2015) e a produção de cana-de-açúcar no horizonte decenal.

Fonte: Elaboração própria, com base em MTE, 2014; IBGE, 2016a; SÃO PAULO, 2016a.

A Tabela 15 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão do etanol no decênio.

Tabela 15 – Indicadores socioambientais do etanol em 2026

AMBIENTAIS	
Produção de vinhaça (milhões de m <sup>3</sup> )	517
Captação de água (milhões de m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	410 a 919
Mecanização da colheita (%)	93
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos na produção sucroalcooleira	570.000
Empregos diretos por mil toneladas colhidas	0,69

Notas: (1) O conjunto de usinas previstas abrange somente o horizonte de 2016 a 2020

(2) O limite inferior se refere a condição de redução do consumo de água para 0,5 m<sup>3</sup>/ton de cana. O limite superior considera a taxa de captação atual, de 1,12 m<sup>3</sup>/ton de cana.

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

A expansão da mecanização tem obstáculos a serem vencidos. Dentre eles, está o número de trabalhadores substituídos pela colheitadeira, que reduz de forma significativa a demanda por mão de obra. Outro aspecto importante é o descompasso entre a mecanização da colheita e do plantio. Enquanto a mecanização da colheita já supera os 90% na região Centro-Sul, a mecanização do plantio ainda se encontra abaixo dos 80%. Esse descompasso traz perdas de produtividade que devem ser superadas.

Na gestão de insumos e resíduos na etapa industrial os desafios se desdobram na contínua redução do consumo de água e na destinação adequada de vinhaça. Ainda que a evolução nos índices de consumo de água do setor seja notória é preciso considerar que o cenário de expansão prevê aumento significativo no processamento de açúcar e álcool e que as usinas estão localizadas em áreas com bastante ocupação urbana e rural. Portanto a questão dos recursos hídricos deve ser vista sob um prisma maior, considerando os múltiplos usos do recurso. Já para a vinhaça deve-se priorizar a redução dos riscos de contaminação de água e solo por meio de incentivo a implementação de medidas adequadas de seu armazenamento e transporte, além do controle no seu uso na fertirrigação.

Cabe ressaltar que há novas tecnologias em fase de desenvolvimento, que têm como objetivo minimizar o volume de vinhaça produzido, como a utilização da fermentação com alto teor alcoólico e a fermentação a vácuo (ATALA, 2005). Há também a possibilidade de se produzir biogás em reatores anaeróbicos e ainda se aproveitar o digestato como fertilizante (mais facilmente transportável que a vinhaça líquida).

#### 4.3 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 trazendo benefícios como menores emissões de gases poluentes<sup>25</sup> e de GEE quando comparado com o do diesel de petróleo puro. Quando produzido a partir de oleaginosas, o balanço de emissões de GEE pode ser considerado nulo, pois o carbono contido no combustível foi absorvido pela planta no processo de fotossíntese.

Importante destacar ainda os benefícios adicionais quando o biodiesel é produzido a partir do reaproveitamento de resíduos como o sebo bovino e o óleo de cozinha usado, pois agrega valor a esses rejeitos e oferece uma destinação adequada. Especialmente considerando que a aplicação tradicional do sebo bovino não absorve toda a sua produção doméstica. De acordo com IBGE (2017), em 2016, foram abatidos mais de 22 milhões de cabeças de gado até o 3º trimestre, o que gera aproximadamente 445 milhões de quilos<sup>26</sup>. Em relação ao óleo de cozinha usado, embora ainda seja pouco expressiva a sua participação no mix de matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel, o incentivo à coleta tem sido fundamental para a sua utilização. Nesse sentido, diversos programas têm sido desenvolvidos para facilitar a sua logística de coleta e destinação ao produtor (APOLINÁRIO, 2012).

A participação da agricultura familiar no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) tem sido apontada como um importante vetor de inclusão social. De fato, o Selo Combustível Social (SCS) tem desempenhado papel importante na promoção da inclusão social por meio da agricultura familiar. Segundo o

<sup>25</sup> Exceto óxidos de nitrogênio (NOx).

<sup>26</sup> Estimativa baseada na produção de 20 kg de sebo/cabeça.

Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), mais de 70 mil famílias e 82 cooperativas da agricultura familiar estão inseridas na cadeia produtiva do biodiesel nos arranjos do Selo Combustível Social que, em 2015, movimentou cerca de R\$ 3,9 bilhões em aquisições de matéria prima dos produtores rurais (MDA, 2017).

Desde o lançamento do PNPB, em 2004, o percentual mínimo de biodiesel misturado ao óleo diesel comercializado vem aumentando gradualmente. Iniciado em 5%, sofreu incrementos por meio de legislação, e deverá atingir 10% em 2019. Adicionalmente destaca-se o lançamento do programa RenovaBio pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2016 com o intuito de elaborar diretrizes estratégicas e implementar medidas para expandir a produção de biocombustíveis no Brasil. Estas iniciativas ampliam os benefícios do uso do biodiesel e trazem a oportunidade de atender os compromissos assumidos na COP21.

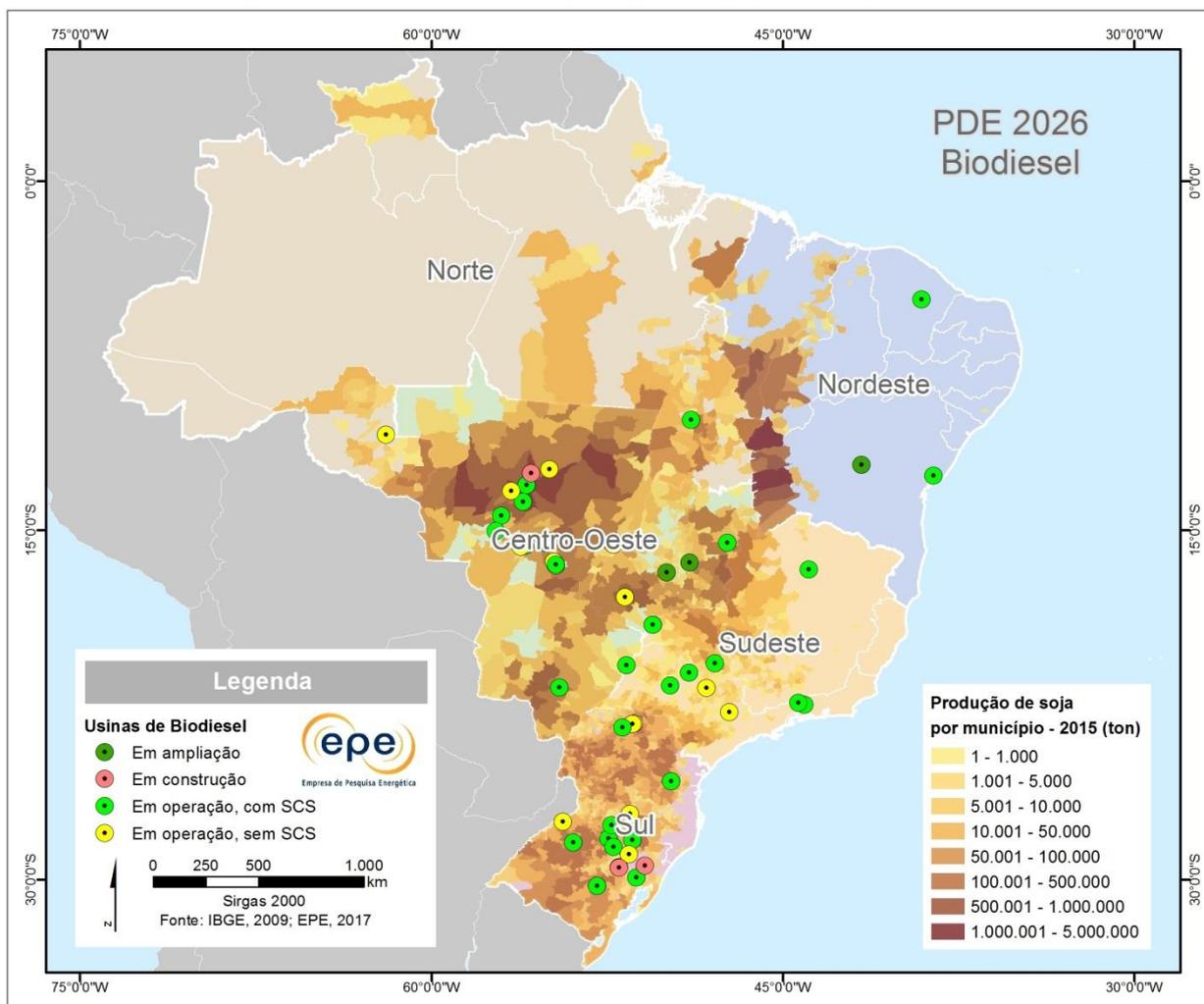
O biodiesel pode ser produzido a partir de diferentes materiais graxos, entretanto, no Brasil, há grande predominância do uso de óleo de soja, principalmente por questões econômicas. De acordo com o MME, em 2016, a produção acumulada de biodiesel até setembro atingiu 2,8 milhões de m<sup>3</sup>, um decréscimo de 3,1% em relação ao mesmo período de 2014 (MME, 2016). Em 2016, no acumulado até agosto, o óleo de soja respondeu por 77,8% da matéria-prima para produção de biodiesel, seguido pelo sebo bovino com 16,2% e óleo de algodão 0,8%; as demais matérias-primas atingiram 2,8% do mercado. As regiões Centro-Oeste e Sul, principais produtoras de soja, correspondem a mais de 80% da produção do país (MME, 2016).

De acordo com o Boletim mensal de janeiro de 2017 do Biodiesel da ANP, o setor conta com 51 usinas autorizadas a operar comercialmente, com a capacidade instalada para a produção de biodiesel de 20.930,81 m<sup>3</sup>/dia (ANP, 2017b). Conforme a Secretaria Especial da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário, em janeiro de 2017, 37 empresas são detentoras do Selo Combustível Social (Brasil, 2017c). No decênio estão previstas a instalação de três novas usinas e a ampliação de três usinas.

A Figura 11 apresenta a localização das usinas de biodiesel em operação com Selo Combustível Social<sup>27</sup> e a produção de soja por município no ano de 2015.

<sup>27</sup> Selo Combustível Social: componente de identificação concedido pelo MDA a cada unidade industrial do produtor de biodiesel e que confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares. (Portaria MDA nº 60, de 06 de setembro de 2012).

Figura 11 – Usinas de biodiesel e produção de soja por município em 2015



Nota: SCS – Selo Combustível Social

Considerando a estimativa de produção de soja 2015/2016 de 95,6 milhões de toneladas de soja e 7,8 milhões de toneladas de óleo de soja, destes 32,6% da produção, será destinado a produção de biodiesel (MAPA, 2016). Tendo em vista que o óleo de soja utilizado para produção de biodiesel é uma parcela do setor de sojicultura, não se pode atribuir os impactos ambientais da agricultura da soja integralmente à produção de biodiesel.

Na etapa industrial os impactos e riscos estão relacionados ao manuseio de compostos perigosos (como ácidos, bases e metanol – altamente tóxico), possibilidade de contaminação de recursos hídricos e solo por efluentes líquidos ou vazamentos de produtos e insumos, destinação inadequada de resíduos, efluentes e co-produtos, principalmente a glicerina que é gerada em quantidades expressivas. Ressalta-se que os impactos diretos relativos à unidade industrial são de abrangência local e, em geral, de fácil gerenciamento.

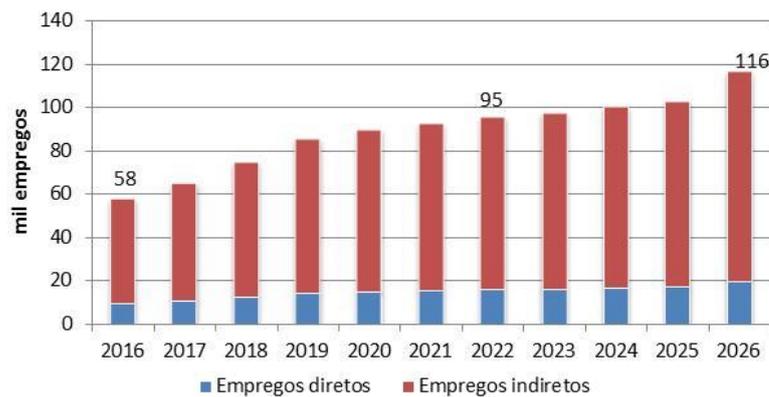
No horizonte do PDE 2026 as projeções indicam a produção acumulada de aproximadamente 6,7 milhões de toneladas de glicerina (100 g/l de biodiesel). Para ampliar o seu mercado e agregar valor comercial, o grau de pureza da glicerina é um fator fundamental. Entretanto o processo de tratamento é custoso, sendo um investimento difícil principalmente para os pequenos produtores. A glicerina pura tem valor de mercado de

cerca de duas vezes o valor da glicerina bruta (MDIC, 2016) e tem diversas aplicações na indústria química, alimentícia e farmacêutica. Ressalta-se que estão sendo estudados outros usos devido ao grande volume derivado da produção de biodiesel. Algumas alternativas de baixo investimento seriam o uso para enriquecimento de rações, a recuperação de óleo em poços maduros de petróleo e a obtenção de biogás a partir de sua fermentação. Outra aplicação bastante promissora é a produção de plásticos como o propileno obtido a partir da polimerização do propeno (MME, 2015).

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 inclusão de agricultores familiares em sua cadeia produtiva.

Em 2026, considerando a evolução da oferta de biodiesel, a tendência é que o número de empregos do setor cresça substancialmente, atingindo cerca de 116 mil empregos em 2026, como mostra o Gráfico 1. Observa-se maior projeção de empregos como reflexo do aumento do percentual obrigatório da mistura de biodiesel de 7% para 10%. É importante ressaltar que a maioria dos empregos gerados são indiretos. Os empregos diretos no processamento de biodiesel somam mais de 19 mil em 2026.

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



Notas: (1) Considerando 200 postos de trabalho para cada 100 milhões de litros de biodiesel produzido por ano.  
 (2) Considerando cinco postos indiretos de trabalho para cada emprego direto criado.

A Tabela 16 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão do biodiesel no decênio.

Tabela 16 – Indicadores socioambientais do biodiesel

AMBIENTAIS	
Produção de glicerina como subproduto da produção de biodiesel (média anual, mil toneladas)	607
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos na produção de biodiesel (média anual)	16.279
Empregos indiretos na produção de biodiesel (média anual)	81.394

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

No curto prazo, a soja é a única matéria-prima capaz de atender ao aumento do percentual mínimo estipulado por lei. Dada esta restrição, existem duas possibilidades no complexo da soja para atender a nova demanda sem comprometer o consumo alimentício doméstico. A primeira seria reduzir a exportação de óleo de soja em detrimento da produção de biodiesel – como vem ocorrendo nos últimos anos. A segunda seria aumentar a quantidade de soja processada, o que implica em menor exportação da soja em grão, destinando mais óleo para produção de biodiesel.

É importante ressaltar que ainda há barreiras que fazem com que a participação de outras matérias-primas evolua em ritmo lento. Citam-se: 1) a necessidade de maior geração e difusão de tecnologias para a produção de oleaginosas, exceto a soja, estruturando uma rede de pesquisas e propiciando um cenário favorável para o aumento da produtividade da agricultura familiar no setor; 2) a necessidade de reformulação tributária beneficiando empresas detentoras do Selo Combustível Social; e 3) o estabelecimento de iniciativas de organização econômica da agricultura familiar em regiões mais fragilizadas.

Acredita-se que, em horizontes de médio e longo prazo, a palma de dendê apresente grande potencial para contribuir diretamente às diretrizes do PNPB, uma vez que a cultura tem alta produtividade e pode assim aumentar a disponibilidade de matéria-prima; é intensiva em mão de obra, sugerindo maior participação da agricultura familiar; e tem potencial para aumentar a participação das regiões Norte e Nordeste no Programa, devido às condições edafoclimáticas necessárias ao seu desenvolvimento.

Entretanto, o sucesso da palma no aumento da oferta de biodiesel no horizonte decenal depende ainda de programas governamentais como o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo (Propalma), cujo objetivo é ordenar a expansão da cultura da palma, garantir a competitividade do setor com investimentos em pesquisa e aumentar a renda de agricultores familiares.

Já no reaproveitamento do sebo e do óleo de cozinha usado para produção de biodiesel o principal desafio reside na logística de coleta e destinação ao produtor, especialmente para o óleo de cozinha.

Sobre o aumento da participação da agricultura familiar, o MDA, por meio da Portaria MDA nº 81/2014, adotou novos procedimentos para a concessão do SCS de forma a estimular a regionalização da compra de oleaginosas oriundas da produção de agricultores familiares. Acredita-se que isso possa contribuir para a redução das desigualdades regionais. Também foi criada a Câmara Técnica de Avaliação e Acompanhamento do Selo Combustível Social (Portaria MDA nº 80/2014) que terá a participação de representantes do MDA, movimentos sociais, associações e empresas do setor. O objetivo é monitorar a participação da agricultura familiar no PNPB e auxiliar no aperfeiçoamento do Selo e nas avaliações de demandas e propostas.

A Lei nº 13.033 de 2014 reforçou, em seu Art. 3º, que o biodiesel necessário à adição obrigatória ao óleo diesel deverá ser fabricado preferencialmente a partir de matérias-primas produzidas pela agricultura familiar, e caberá ao Poder Executivo federal estabelecer mecanismos para assegurar sua participação prioritária na comercialização no mercado interno.

Um desafio importante relativo ao aumento do percentual mínimo obrigatório e conseqüentemente da produção de biodiesel se refere ao melhoramento das condições de logística de distribuição. Ao contrário do etanol, que concentra a maior fatia de produção no Sudeste (principal centro consumidor de combustíveis), os maiores produtores de biodiesel localizam-se nas regiões Centro-Oeste e Sul. Na atual estrutura de distribuição de soja, óleo e biodiesel, predomina amplamente o modal rodoviário, ineficiente do ponto de vista econômico, energético e ambiental. Neste caso, investimentos em infraestrutura ferroviária e hidroviária são importantes para que a soja e seus derivados cheguem aos principais centros consumidores com preços mais competitivos e com menor custo ambiental.

## BIBLIOGRAFIA

Abeeólica. Associação brasileira de energia eólica. **Boletim anual de geração eólica 2015**. 2016a. Disponível em: <http://www.abeolica.org.br/dados-abeolica/>. Acesso em 8 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório anual 2015: Trajetória de crescimento sustentável da fonte eólica**. 2016b. Disponível em: <http://www.abeolica.org.br/dados-abeolica/>. Acesso em 8 mar. 2017.

AMEC Environment & Infrastructure UK Limited. **Strategic Environmental Assessment for Further Onshore Oil and Gas Licensing: Environmental Report**. Report for DECC. Londres, dezembro 2013.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: fev 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 281, de 01 de outubro de 1999. Estabelece as condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão de energia elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res1999281.pdf>. Acesso em fev. 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 77, de 17 de agosto de 2004. Estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidrelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2004077.pdf>. Acesso em fev. 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 673, de 04 de agosto de 2015. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica - PCH. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf> Acesso em: abr. 2016.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim ANP – Petróleo e P&D. Boletim sobre a aplicação dos recursos provenientes da cláusula de PD&I e do PRH-ANP**. Edição nº 40, janeiro de 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/boletins-anp/2398-boletim-petroleo-e-p-d>. Acesso em: 2 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Boletim Mensal do Biodiesel**. Janeiro de 2017. 2017b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> Acesso em mar 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução ANP Nº 21, de 10/4/2014. [S.l.]. 2014c. DOU 11.4.2014.

APOLINÁRIO, F. D. B, PEREIRA, G. F, FERREIRA, J. P. **Biodiesel e alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel**. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense. 2012.

ATALA, Daniel I. P.; MAUGERI FILHO, Francisco. **Processo Fermentativo Extrativo à Vácuo para Produção de Etanol**. Unicamp. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.cori.unicamp.br/foruns/agro/evento13/daniel.ppt>

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.

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

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Boletim de exploração e produção de petróleo e gás natural**. Edição 58. Fevereiro 2017. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes/boletim-de-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas-natural?\\_20\\_displayStyle=descriptive&p\\_id=20](http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes/boletim-de-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas-natural?_20_displayStyle=descriptive&p_id=20). 2017a.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia; Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; Empresa de Pesquisa Energética. **Combustível Brasil – Apresentação Evento de Lançamento**. Recife, 2017b. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/combustivel-brasil-ministro-lanca-iniciativa-para-repensar-refino-e-abastecimento?redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpagina-inicial%2Foutras-noticias%3Fp\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_32hLrOzMKwWb%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-1%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/combustivel-brasil-ministro-lanca-iniciativa-para-repensar-refino-e-abastecimento?redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpagina-inicial%2Foutras-noticias%3Fp_id%3D101_INSTANCE_32hLrOzMKwWb%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3). Acesso em: 20 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria Especial da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. **Relação das Empresas com Selo Combustível Social**. Subsecretaria de Agricultura Familiar. Janeiro de 2017. 2017c. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%3%ADvel-social> > Acesso em mar 2017.

\_\_\_\_\_. 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 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 MME/MMA 621/2014**. 2014a. Constitui o Comitê Técnico de Acompanhamento da Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS da Bacia Sedimentar do Solimões – CTA Solimões. DOU, 20 nov 2014a, p. 41.

\_\_\_\_\_. **Portaria Interministerial MME/MMA 622/2014**. 2014b. Constitui o Comitê Técnico de Acompanhamento da Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS da Bacia Sedimentar Marítima de Sergipe-Alagoas/Jacuípe - CTA Sergipe-Alagoas/Jacuípe. DOU, 20 nov. 2014b, p. 42.

\_\_\_\_\_. **Resolução no 462. CONAMA**. 2014c. 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.

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

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.678, de 25 de junho de 2012**. 2012a. 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12678.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12678.htm). Acesso em: 12 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Portaria Interministerial nº 340, de 1 de junho de 2012**. 2012b. 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](http://www.aneel.gov.br/cedoc/pri2012340.pdf). Acesso em: 12 abr. 2016.

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

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010**. 2010a. 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 12.305 de 02 de agosto de 2010**. 2010b. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Guia do empreendedor, 2003.

\_\_\_\_\_. **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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm). Acesso em: 12 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000>. Acesso em fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9427cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427cons.htm)>. Acesso em fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7990.htm)>. Acesso em fev. 2017.

CETESB. **Norma Técnica CETESB – P 4.231 de janeiro de 2005**. Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola.

Concremat/Petrobras. **EIA/RIMA do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2007.

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) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2013.

CNEN. Disponível em: <[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>. Acesso em mar 2015.

CNI. **Água Indústria e Sustentabilidade**. Brasília 2013.

Diário dos Ventos. 2015. Piauí qualifica mão de obra para exploração de energia eólica. 08 de junho de 2015 – Segunda-Feira - # 1.557. Disponível em: <http://diariodosventos.com.br/wp-content/uploads/2015/06/Di%C3%A1rio-dos-Ventos-20150608-1557.pdf>. Acesso em: 6 mar 2017.

DONES, Roberto; FRISCHKNECHT, Rolf. Life-cycle assessment of photovoltaic systems: results of Swiss studies on energy chains. **Progress in Photovoltaics Research and Applications**, v. 6, n. 2, p. 117-125, 1998.

ELETRONUCLEAR. Centrais Elétricas Brasileiras, 2011. Base cartográfica dos limites das UCs Estaduais e Municipais.

ELETRONUCLEAR. **Usina Termelétrica Mauá 3 - Relatório Ambiental Simplificado**. Eunápolis, 2012.

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

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

\_\_\_\_\_. **Guia Eletrobras Eletronuclear de Pronto Resposta**. Eletrobras Eletronuclear, 2015.

EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro. 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica Cenários para Exportação de Etanol para os EUA**. Rio de Janeiro 2010.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2012a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para avaliação socioambiental de usinas hidrelétricas**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2012b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

\_\_\_\_\_. **Abordagem socioambiental da expansão da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Nota Técnica DEA 29/2014. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás**. Rio de Janeiro. 2014b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/EPeLan%C3%A7amapadoZoneamentoNacionaldeRecursosde%C3%93leoG%C3%A1s2013-2015.aspx>

\_\_\_\_\_. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Nota Técnica DEA 19/14. Outubro de 2014. 2014c.

\_\_\_\_\_. **Leilão de Energia de Reserva de 2014 - Participação dos Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral**. Novembro de 2014. 2014d.

\_\_\_\_\_. **2º Leilão de Energia de Reserva de 2015 - Participação dos Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral**. Fevereiro de 2016.

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

FTHENAKIS, Vasilis M. End-of-life management and recycling of PV modules. **Energy Policy**, v. 28, n. 14, p. 1051-1058, 2000.

FTHENAKIS, V. M.; KIM, Hyung Chul. Photovoltaics: Life-cycle analyses. **Solar Energy**, v. 85, n. 8, p. 1609-1628, 2011. IEA. Renewable Medium-Term Market Forecast . Suíça. 2017.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. **Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar**. Acordo de Cooperação Técnica. 2013. Disponível em: <http://www.marem-br.com.br/webapp/index.html>. Acesso em 22 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano de área da bacia de Campos**. Acordo de Cooperação Técnica. 2016a. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=145:bacia-de-campos-tera-primeiro-plano-de-area-offshore-do-pais&catid=58&Itemid=271](http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=145:bacia-de-campos-tera-primeiro-plano-de-area-offshore-do-pais&catid=58&Itemid=271). Acesso em 24 fev. 2017.

- \_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo.** Acordo de Cooperação Técnica. 2016b. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=136:plano-nacional-de-acao-de-emergencia-para-fauna-impactada-por-oleo-pae-fauna&catid=403&Itemid=628](http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=136:plano-nacional-de-acao-de-emergencia-para-fauna-impactada-por-oleo-pae-fauna&catid=403&Itemid=628). Acesso em 24 fev. 2017.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA): Pesquisa trimestral do abate de animais. Ano 2016. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em fev. 2017.
- \_\_\_\_\_. Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA): Produção Agrícola Municipal. Ano 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em abril/2016
- \_\_\_\_\_. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em abril 2016.
- \_\_\_\_\_. **Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2015
- IEA. RED, Renewable Policy Updated. Suíça. 2016.
- IEA/SP - Instituto de Economia Agrícola. **Banco de Dados: mão de obra e produtividade na colheita.** Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>. Acesso em mar 2015.
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Mapa de Projetos de Assentamento. 2016a. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.html>. Acesso em janeiro de 2016.
- \_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Mapa de Territórios Quilombolas. 2016b. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.html?11o8eqocah5ggqtoe4kki11066>. Acesso em janeiro de 2016.
- INB. **Urânio.** Disponível em: [www.inb.gov.br](http://www.inb.gov.br) Acesso em mar. 2015.
- FCP. Fundação Cultural Palmares. **Quadro Geral de Comunidades Remanescentes de Quilombo.** Informações atualizadas até 20/05/2016. Disponível em: [http://www.palmares.gov.br/?page\\_id=37551](http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551). Acesso em: Fev. 2017.
- FUNAI. Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil.** Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: mai. 2016.
- \_\_\_\_\_. Base Cartográfica Delimitação das Terras Indígenas do Brasil. Brasília, 2016. Disponível em: <http://mapas.funai.gov.br>. Acesso em: out. 2016.
- KITASEI, S. **Powering the Low-Carbon Economy: The Once and Future Roles of Renewable Energy and Natural Gas.** Worldwatch Report 184. Worldwatch Institute. Washington, DC. 2010.
- MAPA. **Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel.** 1ª Edição. Brasília, 2013.
- \_\_\_\_\_. Projeções do Agronegócio. Brasil 2015/16 a 2025/26 – Projeções de Longo Prazo. Brasília, DF. 2016.
- MDA. Evolução do valor de matéria prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do selo combustível social no período 2008/2015. Disponível em: <http://www.mda.gov.br> Acesso em fev 2017.
- MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things.** MacMillan, 2010.
- Mineral/Petrobras. Relatório de Impacto Ambiental: Implantação da Unidade de Processamento de Gás Natural e Unidade de Óleos Básicos Lubrificantes – Comperj. Rio de Janeiro, 2012.
- MMA - Ministério de Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Diretoria de pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil. 2016.
- \_\_\_\_\_. Mapa de Unidades de Conservação Federais e Estaduais. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira.** Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo em Biomas – escala 1: 250.000, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: jan. 2015.
- MME. Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Dezembro/2016. Brasília, 2016. 35p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3308684/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro-2016.pdf/f6b5284d-4105-4b79-a030-31755664721a>. Acesso em: fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**. 104ª Edição –outubro de 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em fev 2017.

\_\_\_\_\_. Portal do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel>>. Acesso em jan 2015.

MPX ENERGIA S.A. **Usina Termelétrica Parnaíba - Relatório de Impacto Ambiental**. 2010.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **Programa de disseminação das estatísticas do trabalho**. Disponível em <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em fev 2017

NETO, A. E. **Gestão dos Recursos Hídricos na Agroindústria Canavieira**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/documentos/sustentabilidade/>>. Acesso em abr 2016

NOVACANA. **CTC: mecanização deve alcançar 97% dos canaviais no Centro-Sul em 2015**. Disponível em <<http://www.novacana.com>>. Acesso em abril de 2016.

ONS. Operador Nacional do Sistema. **Resumo da Operação em 2015**. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/conheca\\_sistema/resumo\\_operacao.aspx](http://www.ons.org.br/conheca_sistema/resumo_operacao.aspx)>. Acesso em: fev. 2017.

PENG, Jinqing; LU, Lin; YANG, Hongxing. Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 255-274, 2013.

PROMIMP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás. **Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil**. Comitê Temático de Meio Ambiente 09. CTMA/PROMIMP - Projeto MA 09. Brasília: PROMIMP, mai.. 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/notas-tecnicas>. Acesso em fev. 2017.

Rodrigues, T. P.; Gonçalves, S. L. & Chagas, A. L. S. **Usinas eólicas e o mercado de trabalho nos municípios do nordeste brasileiro**. Encontro Nacional da Associação Nacional de Centros de Pós-Graduação em Economia (Anpec). 2016. Disponível em: [https://www.anpec.org.br/encontro/2016/submissao/files\\_I/i10-d8cc205ee197d4af65\\_8822148a2874e7.pdf](https://www.anpec.org.br/encontro/2016/submissao/files_I/i10-d8cc205ee197d4af65_8822148a2874e7.pdf) Acesso em: 9 mar. 2017.

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

Sano, H. **Governança no setor eólico brasileiro: o papel dos atores locais**. Brazil Windpower 2016.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Resultado das Safras 2014-2015**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>> Acesso em abr 2016a.

\_\_\_\_\_. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>>. Acesso em: abr 2016b.

Simas, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada** [s.n.], São Paulo, 2012.

Simas, M. & Pacca, S. **Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 31, p. 83-90, 2014.

Tolmasquim, M. (coord.) **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

UFRPE. **Censo Varietal e Indicadores de Safra**. Pernambuco 2016

USEPA - U.S Environmental Protection Agency. 2015. AP 42: **Compilation of Air Pollutant Emission Factors**. Volume I Chapter 5: Petroleum Industry. Fifth Edition.

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](http://www.ibama.gov.br)> . Acesso em jan. 2015.

UTE RIO GRANDE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA S.A. **Usina Termelétrica Rio Grande - Relatório de Impacto Ambiental**. Porto Alegre, 2009.

VALOR ECONÔMICO. **Cortador de cana sobrevive à mecanização**. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3070942/cortador-de-cana-sobrevive-mecanizacao>>. Acesso em abril de 2016

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](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136403/vieira_daf_me_tupa.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>.

YPE RENOVÁVEIS. **Relatório Ambiental Simplificado: Usina termelétrica de biomassa Acre**. 2014