

CADERNO TÉCNICO Versão 1.0 - Novembro 2025

A SOBREVIDA DO CARVÃO MINERAL BRASILEIRO

ARAYARA
.org

COP30
AMAZON
CLIMATE
HUB

ME
MONITOR ENERGIA

OBSERVATÓRIO DO
CARVÃO
MINERAL



INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA

A SOBREVIVÊNCIA DO CARVÃO MINERAL BRASILEIRO

BRASÍLIA -DF
2025

FICHA TÉCNICA

REALIZAÇÃO

Instituto Internacional ARAYARA

DIRETORES EXECUTIVOS

Dra. Nicole Figueiredo de Oliveira
Diretora Executiva

Phd. Juliano Bueno de Araújo
Diretor Técnico e Campanhas

GERENTES ESPECIALISTAS

George Mendes
Gerente de Geociências

MSc. John Wurdig
Gerente de Transição Energética

Dr. Lucas Kanno
Gerente Jurídico

Sara Ribeiro
Gerente Especial COP30

EQUIPE TÉCNICA

Alisson Capelli
Coordenador de Geociências e Meio Ambiente

Daniela Barros
Coordenadora de Projetos e Clima

Dra. Hirdan Costa
Especialista em Energia

MSc. Joubert Fuscaldi
Analista Técnico, Climático e de Geociências

Joana Nascimento
Técnica em Geoprocessamento

MSc. Kerlem Carvalho
Coordenadora de Oceano e Águas

Raíssa Felipe
Mobilizadora

Renata Prata
Coord. de Advocacy

Urias Neto
Coord. de Meio Ambiente e Engenharia

BOLSISTAS E PESQUISADORES

Laís Drumond

Isadora Nakai

ORGANIZADORES

Dra. Nicole Figueiredo de Oliveira
Diretora Executiva

PhD Juliano Bueno de Araújo
Diretor Técnico e Campanhas

Urias Neto
Coord. de Meio Ambiente e Engenharia

ELABORAÇÃO

Urias Neto
Coord. de Meio Ambiente e Engenharia

Daniela Barros
Coordenadora de Projeto

MSc. Joubert Fuscaldi
Analista Técnico, Climático e de Geociências

ARAYARA
.org

COMUNICAÇÃO

Gabriela Santos
Mobilizadora de Comunicação

Luz Dorneles
Coord. de Comunicação

Nívia Cerqueira
Analista de Relações com a Imprensa

Renata Sembay
Coord. de Cultura, Arte e Mobilização

Fátima França
Jornalista

Amanda Magnani
Jornalista

DIAGRAMAÇÃO

Isabel Machado

APOIO

Equipe Técnica e Científica
da Fundação ARAYARA

ISBN:

A Sobrevida do Carvão
Mineral Brasileiro

ARAYARA

.org

SEDE NACIONAL BRASÍLIA

Av. Rabelo, 26-D, Brasília, DF,
CEP: 70804-020, Brasil

SEDE ADMINISTRATIVA CURITIBA

Rua Gaspar Carrilho Jr., 01,
Curitiba, PR, CEP:80810-210, Brasil

SEDE URUGUAY MONTEVIDEO

Blvr. Juan Benito Blanco 780,
sala 10 11300 Montevideo,
Dto. de Montevideo, Uruguay

ALMIRANTE TAMANDARÉ

R. Prof.^a Rosa Frederica Johnson,
176, Jardim São Domingos,
Almirante Tamandaré, PR,
CEP: 83.501-680, Brasil

BARRA DO RIBEIRO

R. Fernando Guertum, 170,
Centro, Barra do Ribeiro, RS,
CEP: 92.870-000, Brasil

CORNÉLIO PROCÓPIO

Sit. São José, SN, Pedregulho,
Cornélio Procópio, PR,
CEP: 86.300-000, Brasil

FLORIANÓPOLIS

R. Deputado Antônio Edu Vieira,
93, Apto. 102, Saco dos Limões,
Florianópolis, SC,
CEP: 88.040-000, Brasil

MACAÉ

Av. Atlântica, 500,
Praia Campista, Macaé, RJ,
CEP: 27.920-325, Brasil

SÃO JOSÉ

R. Francisca Duarte, 130,
Flor de Nápoles, São José, SC,
CEP: 88.106-050, Brasil

SÃO PAULO (CAPITAL)

Rua Sousa Reis, 121,
Vila Indiana, São Paulo, SP,
CEP: 05586-080, Brasil

SINOP

Rua Nicolau Flessak, 1378,
Residencial Vitória Régia, Sinop, MT,
CEP: 77555-118, Brasil

TAUBATÉ

Av. José Pedro da Cunha, 816,
Jardim Maria Augusta, Taubaté, SP,
CEP: 12070-003, Brasil



**OBSERVATÓRIO
DO PETRÓLEO E GÁS**



**Monitor Amazônia
Livre de Petróleo e Gás**

**MONITOR
OCEANO**



**#SALVE
NORONHA**



**NÃO
FRACKING
BRASIL**



**SALVE A COSTA
AMAZÔNICA**

**#AMAZÔNIA LIVRE
#DE PETRÓLEO**

**#MAR SEM
PETRÓLEO**

COESUS
COALIZÃO NÃO FRACKING BRASIL

APRESENTAÇÃO


O Instituto Internacional ARAYARA é uma organização da sociedade civil criada em plena Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92), com a missão de defender a vida, o meio ambiente e o bem-estar comum. Ao longo de mais de três décadas de atuação, a instituição consolidou um extenso histórico de enfrentamento à expansão de combustíveis fósseis, em defesa das comunidades tradicionais, da fauna e da flora.

Com presença estratégica em todas as regiões do Brasil, o ARAYARA integra espaços de deliberação fundamentais como o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o Fórum Nacional de Transição Energética (FONTE) e diversos comitês de bacia hidrográfica, levando a voz da sociedade civil às discussões ambientais e energéticas.


Dentro dessa trajetória, o debate sobre o carvão mineral ocupa o lugar central. Embora represente uma participação reduzida no sistema elétrico brasileiro, o setor carvoeiro apresenta elevado potencial de poluição atmosférica, emissões de gases de efeito estufa e passivos ambientais decorrentes da mineração. Ainda assim, há mais de duas décadas esse segmento é sustentado por meio de subsídios pagos pelos consumidores de energia elétrica, perpetuando uma matriz onerosa e ambientalmente danosa.

Mesmo com baixa relevância energética, a cadeia do carvão mineral mantém forte articulação política no Congresso Nacional. Esse movimento resultou, recentemente, na reconstrução do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (SC) até 2040, e atualmente na busca da extensão da vida útil da Usina de Figueira (PR) e da Usina Candiota III (RS), o que significaria mais 15 ou até 25 anos de sobrevivência ao setor.

A continuidade do carvão mineral no Brasil representa um retrocesso frente às urgências climáticas globais e às alternativas tecnológicas já disponíveis no país. Este estudo busca sistematizar informações sobre os impactos econômicos, ambientais e sociais dessa atividade, bem como evidenciar caminhos possíveis e necessários para uma transição energética justa e sustentável.



Juliano Bueno de Araújo
Diretor Presidente



Nicole Figueiredo de Oliveira
Diretora Executiva

SOBRE O INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA

Instituto Internacional Arayara é uma organização da sociedade civil (OSC) sem fins lucrativos, que nasceu da parceria entre cientistas, gestores urbanos, engenheiros, urbanistas e ambientalistas prezando pela qualidade da vida dos cidadãos brasileiros e pela garantia de que todos os recursos sejam usados e distribuídos amplamente, de forma justa e sustentável. Ao longo de mais de 30 anos de existência, a Arayara desenvolveu uma nova geração de ativismo pela transição energética justa, possibilitando políticas públicas, criação de leis, litigância, produção de conhecimento, comunicação, campanhas e advocacy que pavimentam o caminho da transição energética no Brasil e a redução das suas emissões de gases de efeito estufa (GEEs).

Operando com tecnologia própria da terceira geração de ambientalismo, a Arayara produz análises técnicas profundas, defesa de direitos, litígio estratégico, mobilização multissetorial, produção de conhecimento e ação em ambientes urbanos, rurais, oceânicos, florestais e tradicionais, atuando em todos os estados brasileiros e em alguns países da América Latina.

Ao longo de sua história, ARAYARA.org, contribuiu comprovadamente para a prevenção de mais de 3,3 gigatoneladas de emissões de CO₂, ajudando a evitar aproximadamente 744.700 mortes prematuras e cerca de US\$ 1,37 trilhão em danos potenciais.

SAIBA MAIS SOBRE O INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA E SUAS ATUAÇÕES EM:

- Site oficial: arayara.org
- Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás: amazonialivredepetroleo.org
- Análises do leilão de petróleo e gás (2023, 2025): leilaofossil.org
- Monitor Oceano: monitoroceano.org
- Monitor Carvão: monitorcarvao.org

RESUMO

O carvão mineral nacional é um combustível fóssil de baixa qualidade e elevado custo, vem há décadas sendo sustentado por políticas de subsídios e renovações contratuais incompatíveis com a realidade climática, econômica e ambiental do Brasil. Mesmo representando pouco mais de 1% da matriz elétrica brasileira, o carvão mineral nos últimos 15 anos recebeu R\$ 12 bilhões da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), paga pelo consumidores de energia para custear o carvão utilizado nas usinas Figueira (Paraná); Jorge Lacerda (Santa Catarina), Candiota III (Rio Grande do Sul) e outras usinas já desativadas. Estas três usinas em conjunto foram responsáveis por 25% das emissões do setor elétrico brasileiro entre 2010 e 2024, além de estarem relacionadas à severos impactos na qualidade do ar, água e solo possuem grande força política para continuarem operando mesmo depois do vencimento dos seus contrato de geração de energia. O complexo Jorge Lacerda, por meio da Lei Federal nº 14299/2022, conseguiu sobrevida até 2040. Outras tentativas legislativas estão em tramitação para ampliar benefícios similares para Figueira e Candiota III operarem até 2040 ou 2050. Considerando a última iniciativa legislativa aprovada pelo Congresso Nacional, estima-se que o custo total das três usinas para os consumidores brasileiros varie entre R\$ 76,11 bilhões (cenário de compra mínima de carvão mineral) e R\$ 107,71 bilhões (cenário de compra elevada), atingindo R\$ 91,91 bilhões no cenário de compra moderada. Seguindo a tendência, estas irão intensificar as emissões de gases do efeito estufa, os cortes na geração renovável e a poluição local. O estudo conclui que a continuidade do carvão fere os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris, representa retrocesso na política energética e ambiental e compromete a credibilidade nacional diante da COP-30. O ARAYARA propõe o encerramento planejado das usinas a carvão e a criação de um programa de transição energética justa para as regiões carboníferas, com requalificação profissional, diversificação econômica e recuperação ambiental, redirecionando os recursos hoje destinados a subsídios fósseis para investimentos em fontes renováveis e sustentáveis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. EXPLORAÇÃO DE CARVÃO NO BRASIL	11
3. USINAS TERMELÉTRICAS MOVIDAS A CARVÃO NACIONAL	22
4. FUTURO DO CARVÃO NO BRASIL	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6. METODOLOGIA	39
REFERÊNCIAS	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Reservas de massa de carvão no território brasileiro	11
Gráfico 2 - Relação entre o poder calorífico inferior, teor de cinzas e enxofre entre carvões brasileiros e de outros locais do mundo	13
Gráfico 3 - Concentração de diferentes elementos químicos nos diferentes carvões queimados nas termelétricas do sul do Brasil	14
Gráfico 4 - Produção brasileira de ROM	15
Gráfico 5 - Consumo de carvão por setor	16
Gráfico 6 - Quantidade de trabalhadores do setor de extração de carvão no estados da região Sul do Brasil.	17
Gráfico 7 - Reembolsos da CDE para as usinas beneficiadas	27
Gráfico 8 - Relação entre os reembolsos da CDE com as vendas de carvão beneficiado declarados à ANM	27
Gráfico 9 - Período de forte relação entre os reembolsos da CDE com a vendas de carvão para Paraná e Rio Grande do Sul	28
Gráfico 10 - Eficiência energética média anual para as usinas entre 2020 e 2024	30
Gráfico 11 - Comparativo entre as emissões de gases do efeito estufa das usinas movidas à gás, óleo combustível e a carvão	31
Gráfico 12 - Custos da contratação compulsória na modalidade de energia de reserva para a usinas a carvão subsidiadas pela CDE	34
Gráfico 13 - Reembolsos da CDE para as usinas subsidiadas	35
Gráfico 14 - Projeção da geração de emissões de gases de efeito estufa e de energia da matriz elétrica fóssil brasileira - Cenário de compra mínima	37
Gráfico 15 - Evolução do Preço Unitário Médio do Carvão mineral subsidiado pela CDE	44

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Reservas de carvão mineral no Brasil	12
Mapa 2 - Usinas termelétricas à carvão mineral que são beneficiadas pelos subsídios	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impactos ambientais decorrente da mineração de carvão na Região Sul do Brasil 18

Quadro 2 - Síntese das implicações da extensão da vida útil das usinas
movidas à carvão nacional 38

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Mina Amando Simões, poço 08, onde se extrai carvão mineral em Figueira-PR
em mineração subterrânea pelo método de câmaras e pilares 19

Imagem 2 - Área contaminada sob judice na ACP carvão em Santa Catarina 20

Imagem 3 - Exploração pelo método de lavra em tiras na mina Candiota, com a usina de
Candiota III ao fundo 21

Imagem 4 - Usina termelétrica Figueira, localizada nas margens do rio Laranjinha, região
do Norte Pioneiro do Paraná 23

Imagem 5 - Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, localizado no litoral
sul de Santa Catarina 24

Imagem 6 - Usina de Candiota III, localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul na
região da campanha 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - CVU médio anual para as usinas subsidiadas (R\$/MWh) 29

Tabela 2 - Composição do CVU para as usinas subsidiadas 42

Tabela 3 - Demonstrativo do cenário de energia de reserva para usinas 42

Tabela 4 - Custo de contratação das UTEs 43

1. INTRODUÇÃO

Totalizando 27,319 bilhões de toneladas, as reservas de carvão mineral do Brasil estão concentradas majoritariamente na região Sul e são as maiores da América Latina. Sendo o estado do Rio Grande do Sul com as reservas mais abundantes, com cerca de 92% do total, seguido por Santa Catarina com cerca de 7% e por fim, o estado do Paraná com aproximadamente 1% do total (SGB, 2020).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), pode-se diferenciar o carvão mineral em duas categorias: carvão vapor e carvão metalúrgico, sendo respectivamente aquele com menor poder calorífico e elevado teor de cinzas, restrito a geração de vapor; e o outro para redução do ferro no processo siderúrgico. Segundo a EPE (2016), para se ter boa qualidade necessita de poder calorífico superior a 5500 kcal/kg, porém o carvão bruto do Brasil se encontra na faixa de 3200 - 4850 kcal/kg, sendo o carvão gaúcho de pior qualidade, o carvão catarinense de qualidade intermediária e o paranaense com a melhor entre os três.

A indústria carbonífera do Brasil é fortemente dependente do setor termelétrico para sua existência. Conforme dados apresentados pelo Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC, 2025), de 2000 a 2023 da produção total de carvão dos três estados sulistas, foram destinados para o setor elétrico no Paraná (72,59%); em Santa Catarina (95,34%) e no Rio Grande do Sul (73,9%).

Responsáveis por consumir a maior parte do carvão produzido nacionalmente, as Usinas Figueira, Candiota III e o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, apresentam um histórico de poluição e contaminação, que inclusive cada uma das usinas já foi alvo de ações civis públicas (ACPs), devido às emissões exacerbadas de poluentes atmosféricos, rejeitos e efluentes líquidos em desacordo com a legislação.

De acordo com o Monitor Energia (2025), três das quatro Usinas Termelétricas (UTES) a carvão mineral brasileiro recebem subsídios da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Apesar de pouca expressão na matriz elétrica, destaca-se que mesmo sendo considerada como uma fonte despachável, depender do carvão mineral pode ser um erro. Conforme apresentado pelo Instituto Internacional Arayara (ARAYARA.org, 2024a), durante as enchentes do Rio Grande do Sul em 2024, momento que mais o estado necessitou de energia, a UTE Candiota III estava inoperante.

Este estudo busca trazer o estudo da arte sobre o carvão mineral no Brasil, especialmente sobre aspecto da sobrevida às usinas que são subsidiadas e que o legislativo mais o executivo brasileiro buscam dar sobrevida, através de reconstrução por meio de reserva de capacidade na forma de potência via leilão ou por meio de outras normas federais.

2. EXPLORAÇÃO DE CARVÃO NO BRASIL

A ocorrência de carvão mineral no Brasil está basicamente restrita à região Sul, onde se encontram as mineradoras e as maiores reservas exploráveis do Brasil. Conforme apresentado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB, 2020), em termos das reservas¹ medidas, indicadas e inferidas, o Brasil possui **27,319 bilhões (27 x 10⁹) de toneladas de carvão mineral** (Gráfico 1).

Reservas de Carvão - Brasil

ARAYARA
.org

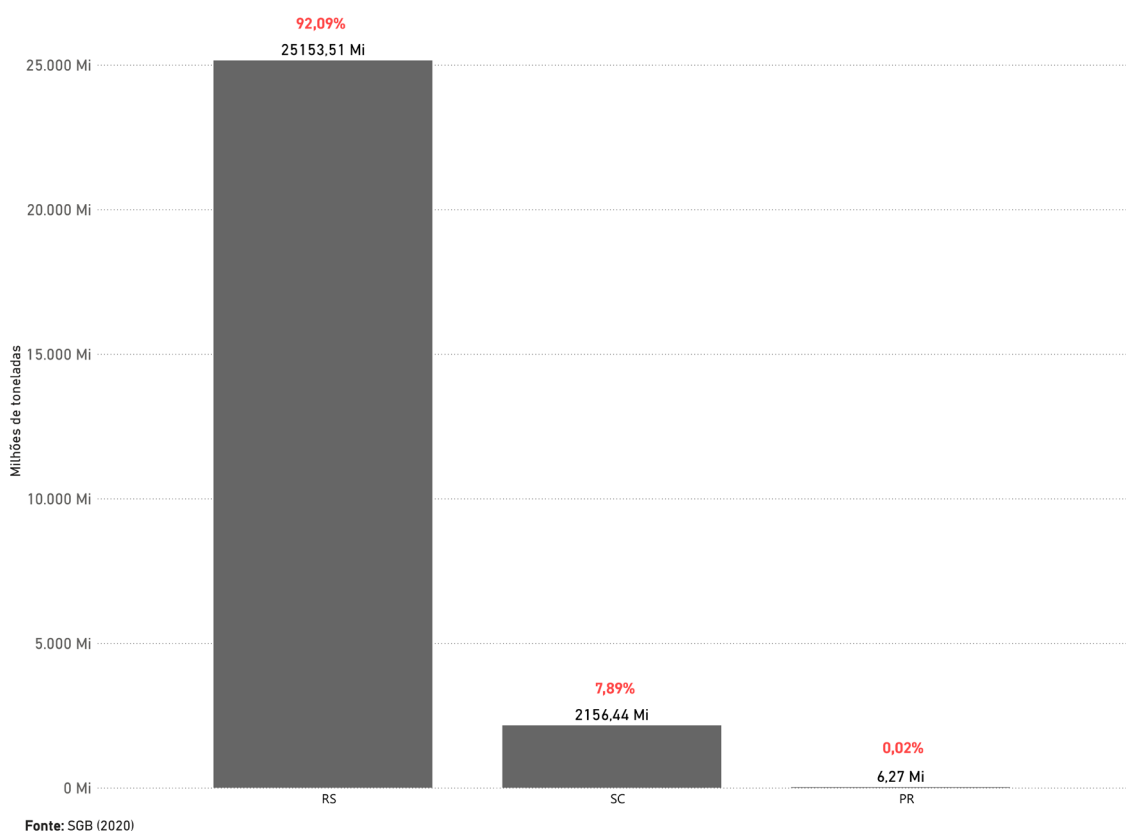
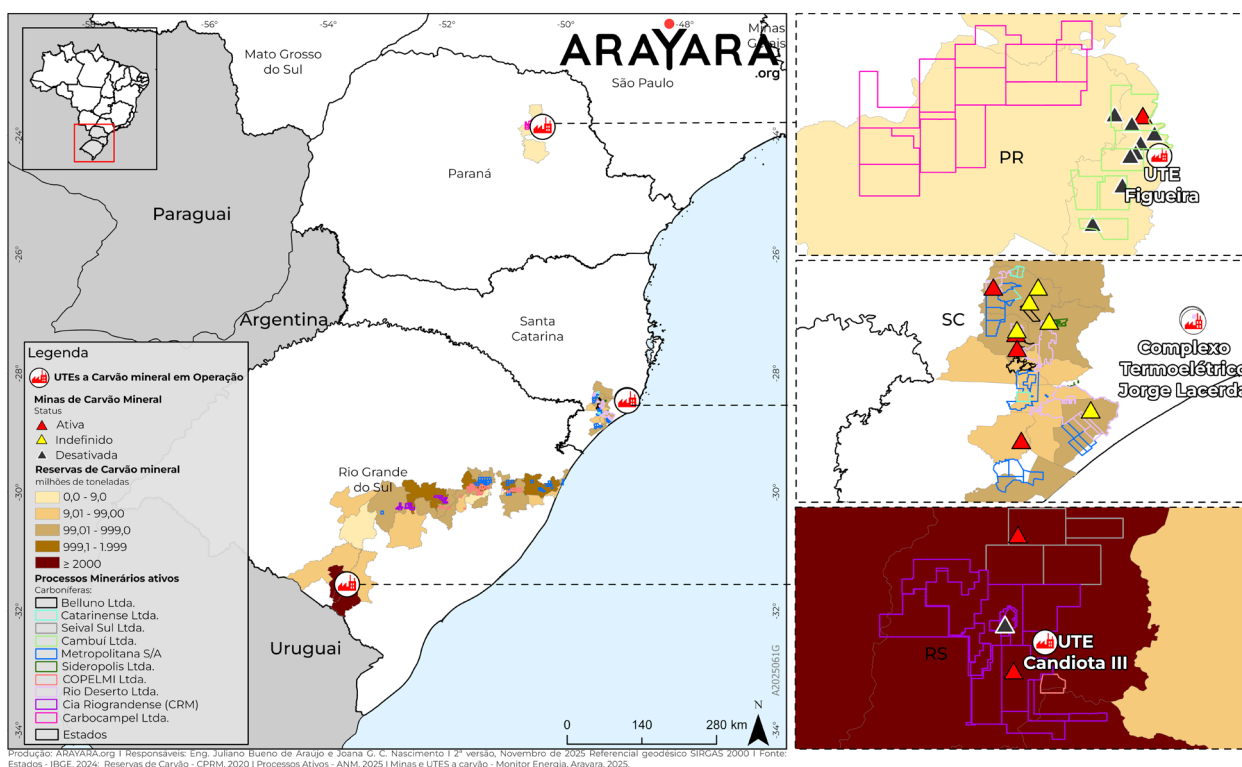


Gráfico 1: Reservas de massa de carvão no território brasileiro. Fonte: Instituto Internacional Arayara, Eng. Joubert Fuscaldi.

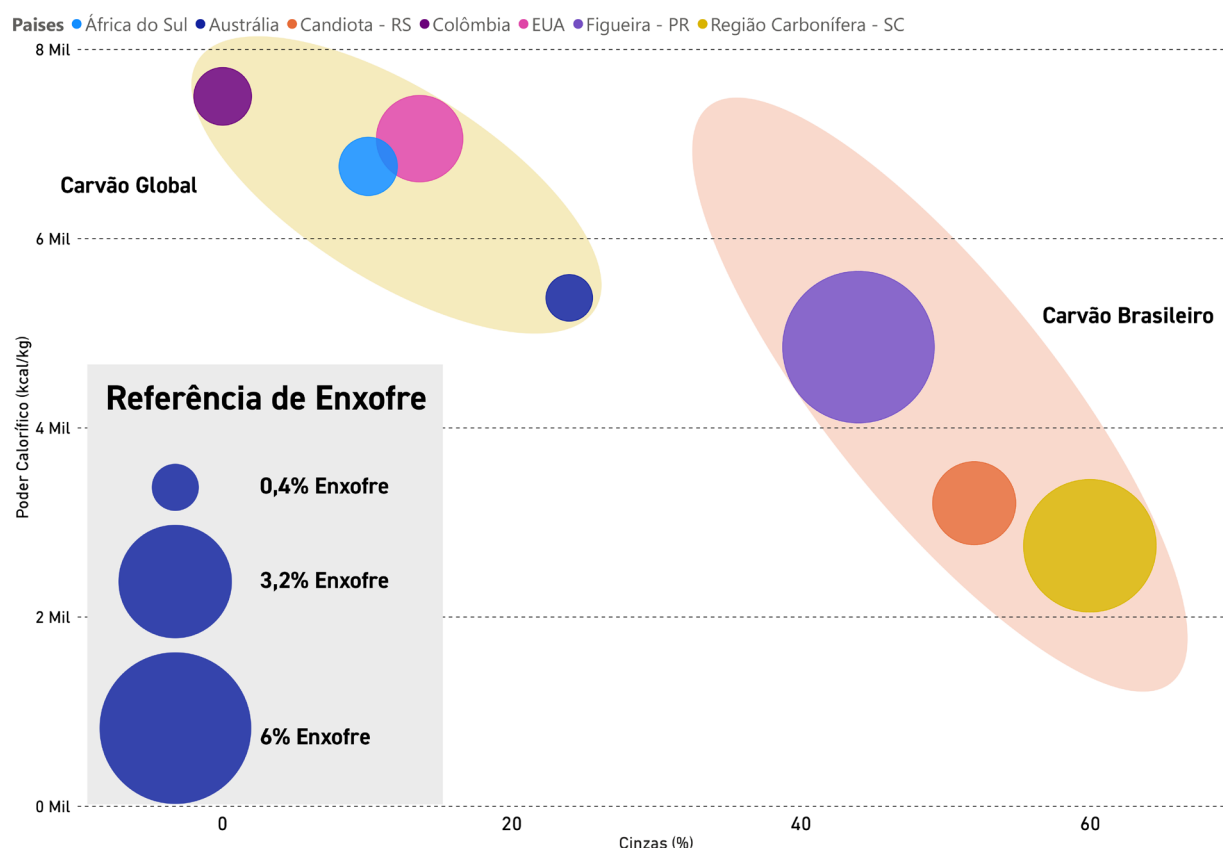
¹ De acordo com o DNPM (2005, p. 748) as **reservas medidas** são apreciadas conforme medições precisas; **reserva indicada** são geradas a partir de extrapolações limitadas; e a **reserva inferida** é com base em estimativas a partir do conhecimento geológico do local.

O estado do Rio Grande do Sul detém 92% de todas as reservas de carvão do Brasil e grande parte destas reservas estão concentradas entre os municípios de Candiota, Pedras Altas e Hulha Negra, na região do extremo sul do estado, próximo à divisa com o Uruguai (Mapa 1).



O carvão mineral produzido no Brasil, apresenta qualidade inferior em comparação aos encontrados em outros países (Gráfico 2). Ele possui baixo poder calorífico inferior (PCi) e elevados teores de cinzas e enxofre, o que resulta em menor geração de energia por unidade de massa e maior potencial poluidor. Já os carvões de outras regiões do mundo, em geral, apresentam maior PCi e menores teores de cinzas e enxofre, produzindo mais energia e emitindo menos poluentes.

Relação entre o poder calorífico, teor de cinzas e enxofre entre carvões brasileiros e de outros locais do mundo



Fonte: Elaborado a partir de EPE (2016)

Gráfico 2: Relação entre o poder calorífico inferior, teor de cinzas e enxofre entre carvões brasileiros e de outros locais do mundo.
Fonte: Elaborado a partir de EPE (2016)

Além dos elevados teores de cinzas e enxofre, os carvões encontrados no Brasil apresentam elevadas concentrações de elementos traço até elementos radioativos, tais concentrações se acentuam após a queima do carvão, ficando retidos nas cinzas que podem parar no controle atmosférico, mas parte ainda é dispersa no ar (Gráfico 3). Para o carvão de Figueira no Paraná as concentrações de elementos radioativos são expressivamente maiores devido à ocorrência de uma jazida de urânio próxima dos jazimentos de carvão (Haynes, Pierson, 1957; Saad, 1974; Morrone, Daemon, 1985) possuindo radioatividade acima da média global (UNSCEAR, 2010; Fungaro *et al.*, 2019).

Concentração de diferentes elementos químicos nos diferentes carvões queimado nas termelétricas do sul do Brasil

ARAYARA.org

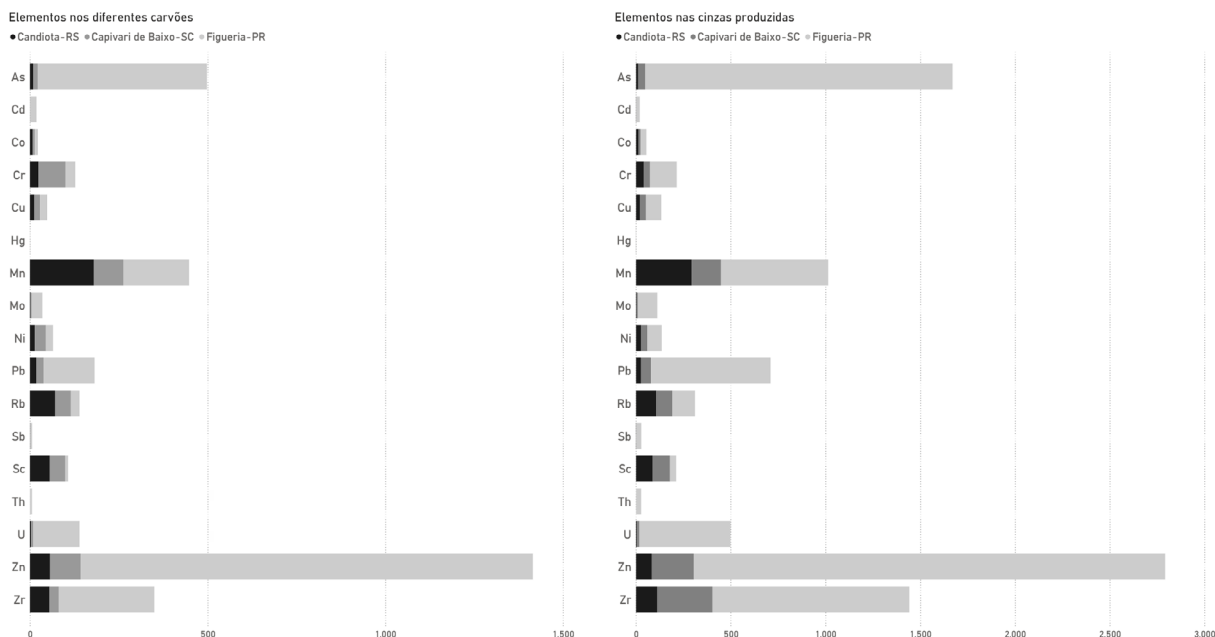


Gráfico 3: Concentração de diferentes elementos químicos nos diferentes carvões queimados nas termelétricas do sul do Brasil.
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Depoi *et al.* (2008) e Campaner (2008)

Entre 2010 e 2024, foram produzidas 166.524.363 toneladas de carvão bruto (*run of mine* – ROM) no Brasil. Após o beneficiamento, esse volume resultou em 88.191.881 toneladas de carvão mineral aproveitável (Gráfico 4), o que indica que 47,04% do ROM extraído no período foi descartado como rejeito de mineração, por se tratar basicamente das cinzas, siltitos carbonosos e compostos de enxofre.

A taxa de aproveitamento do carvão varia significativamente entre os estados, no Paraná, apenas 41,19% do minério extraído foi aproveitado, enquanto em Santa Catarina esse índice foi ainda menor, de 35,84%. Essa variação está diretamente relacionada ao método de lavra e às características geológicas locais. Nos estados do Paraná e de Santa Catarina, predominam minas subterrâneas com camadas delgadas de carvão, intercaladas por siltitos e folhelhos carbonosos, o que dificulta o aproveitamento. Já no Rio Grande do Sul, onde predominam minas a céu aberto e camadas mais espessas do minério, o aproveitamento do ROM é substancialmente maior.

Produção brasileira de ROM

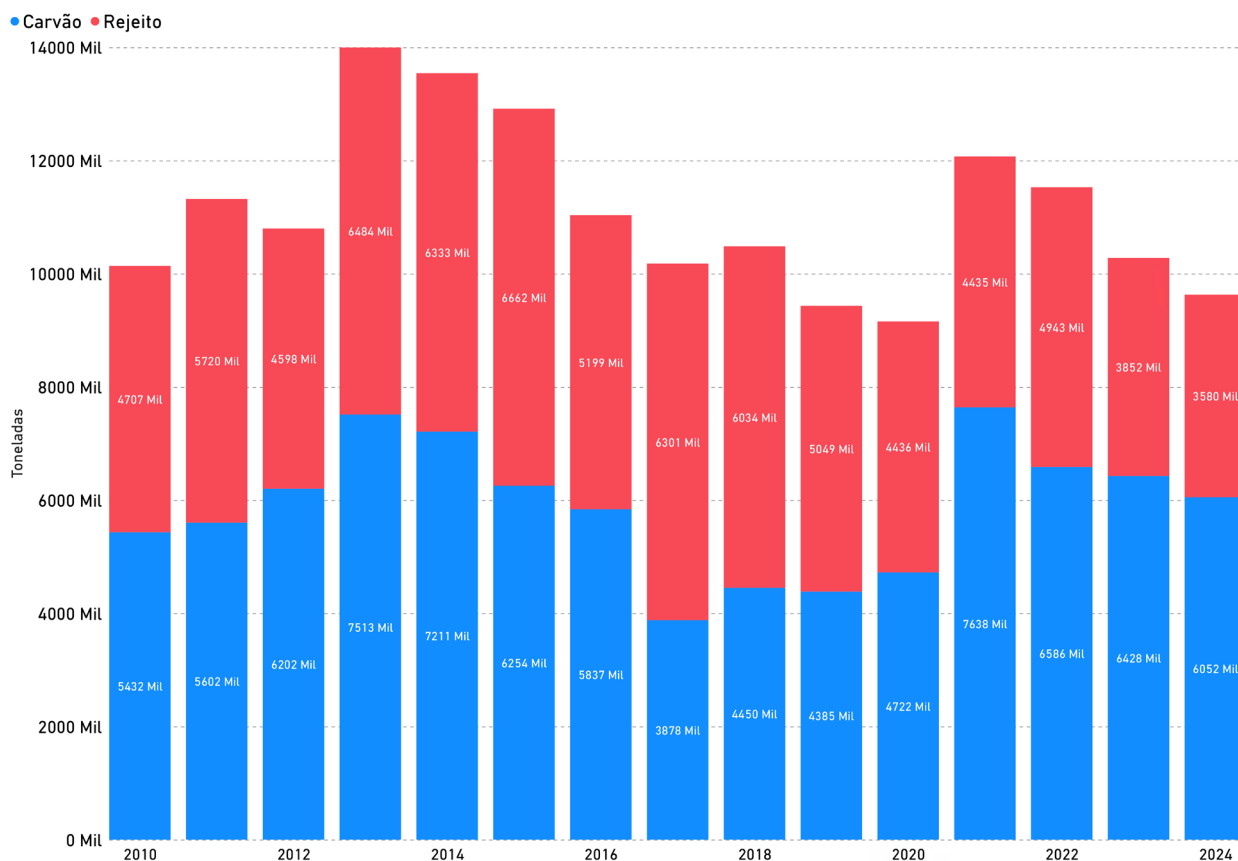


Gráfico 4: Produção brasileira de ROM. Fonte: Elaborado a partir de SIECESC (2025)

Entre 2010 e 2024 a grande maioria do carvão produzido nos três estados da região foram destinados para o setor elétrico (Gráfico 5), com destaque para Santa Catarina, em que o carvão em quase sua totalidade foi enviado para o setor elétrico, seguido pelo estado do Rio Grande do Sul que teve 3/4 da produção destinada às termelétricas, já no Paraná mais da metade do combustível foi destinado para o setor termelétrico.

Consumo de carvão por setor

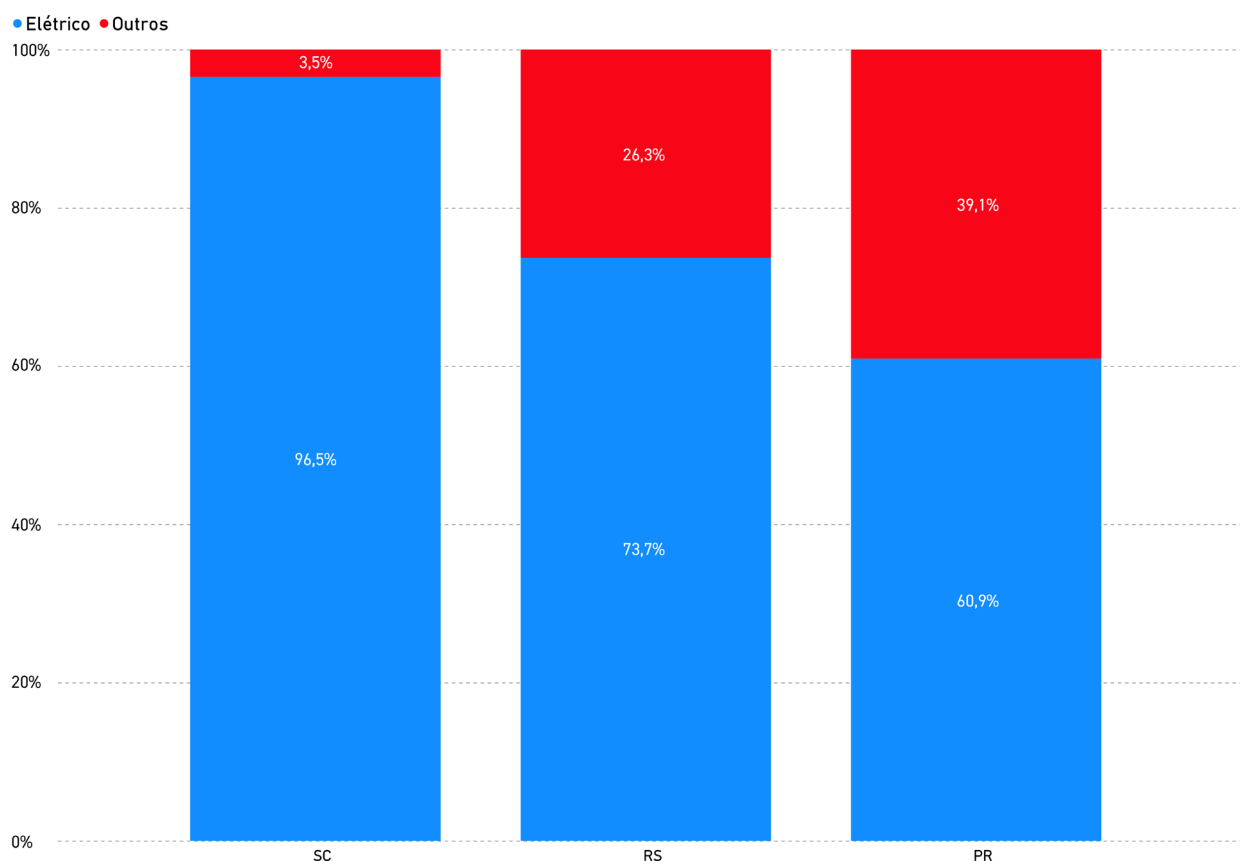


Gráfico 5: Consumo de carvão por setor. **Fonte:** Elaborado a partir de SIECESC (2025)

Ao todo, existem dez empresas que exploram carvão no Brasil, as quais estão sendo monitoradas no <https://monitordocarvao.org/app/>. No Paraná tem-se a carbonífera Cambuí, em Santa Catarina são: Metropolitana; Catarinense; Rio Deserto; Belluno; Siderópolis. Já para o Rio Grande do Sul, se tem a COPELMI, Seival Sul e a Companhia Riograndense de Mineração (CRM), estatal gaúcha alocada dentro da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do estado (Mapa 1). Uma nova empresa, Carbocampel, possui processos minerários ativos no Paraná, mas até o momento não iniciou a lavra.

No setor de extração, em 2024, existiam pouco mais de 3.300 trabalhadores diretos atuando na extração do carvão mineral. Conforme o Gráfico 6, observa-se que a grande maioria dos trabalhadores está em Santa Catarina, que concentra cerca de 80% do total. Embora o Rio Grande do Sul produza mais carvão do que Santa Catarina, o estado registrou, em média, apenas 16% dos empregos diretos no período analisado. Já o Paraná respondeu

por aproximadamente 4%, percentual reduzido principalmente pela ausência de atividades desde a desistência da outorga da UTE Figueira pela COPEL, ocorrida no final de 2023. Essa usina era o principal comprador do carvão produzido no estado, conforme descrito no “Relatório do Estado Geral da Mina e Atividades Complementares: Suspensão Temporária da Lavra”, apresentado pela Carbonífera Cambuí no processo de Concessão de Lavra da ANM (Carbonífera Cambuí, 2024). Ressalta-se, ainda, a apresentação de um novo Plano de Lavra em novembro de 2024, ainda sem acesso público.

Quantidade de trabalhadores do setor de extração de carvão no estados da região Sul do Brasil

PR (Trabalhadores) SC (Trabalhadores) RS (Trabalhadores)

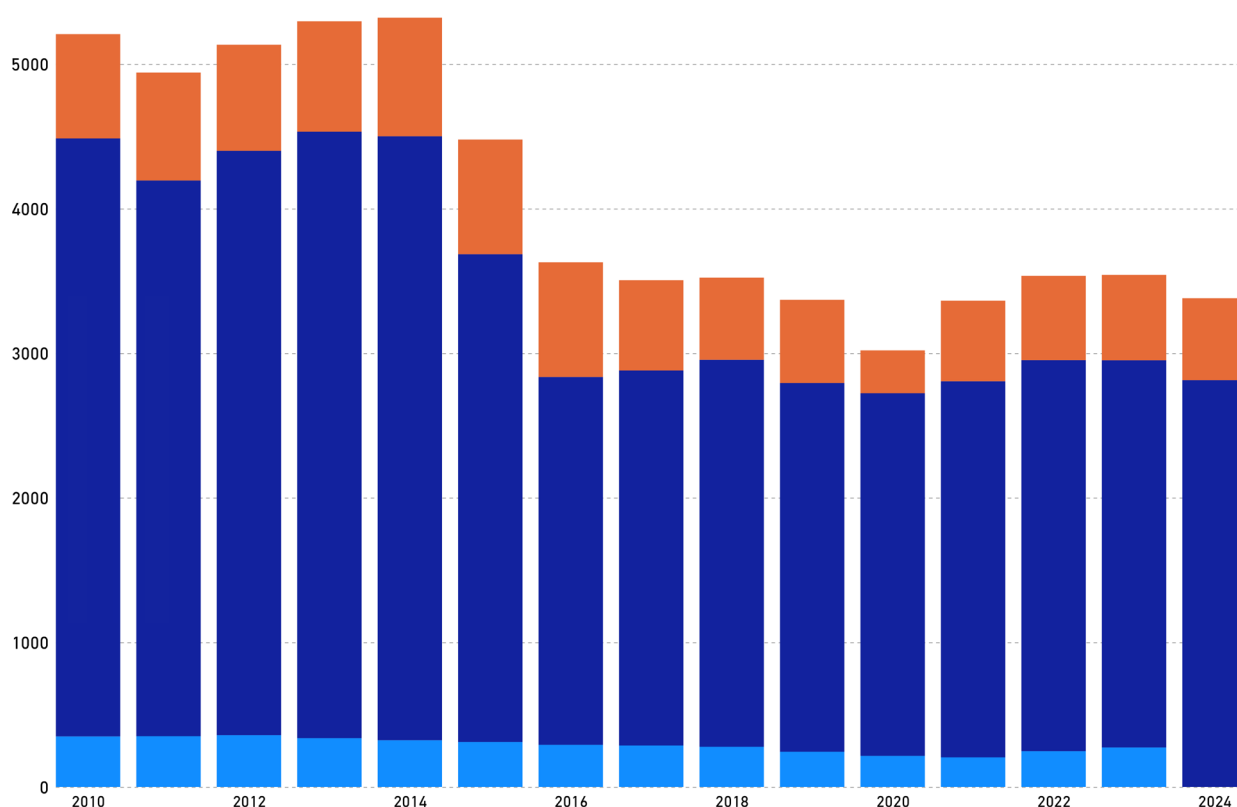


Gráfico 6: Quantidade de trabalhadores do setor de extração de carvão no estados da região Sul do Brasil.

Fonte: Elaborado a partir de SIECESC (2025)

Mesmo sendo um setor muito pequeno da economia, este possui altíssimo potencial poluidor e de degradação ambiental (Quadro 1), com um vasto histórico de ações judiciais decorrentes de degradação principalmente do solo e da água.

ASPECTOS AMBIENTAIS	PARANÁ	SANTA CATARINA	RIO GRANDE DO SUL
Mineração em área não licenciada	Desconhecido	Caso recente da Carbonífera Siderópolis, mina Santana	Caso recente da CRM na mina Candiota
Contaminação de corpos hídricos	Corpos hídricos da bacia do rio Laranjinha e do Tibagi	Contaminação difusa de elementos tóxicos do carvão no aquífero livre com o confinado devido à exploração desenfreada. Centenas de quilômetros de trechos de rios contaminados Bacia do Urussanga, Bacia do Araranguá	Bacia do arroio Candiota
Contaminação do solo	Contaminação radioativa por depósito de rejeitos, pátios de carvão	Áreas degradadas abandonadas, minas abandonadas, bocas de minas abandonadas	Depósito de rejeitos, áreas que foram recuperadas, mas ainda continuam gerando contaminação.
Disposição inadequada dos resíduos	Aterros sem geomembrana de impermeabilização, disponibilização de rejeitos em área de preservação permanente	Milhares de hectares de disposição inadequada de rejeitos	Atestado ao menos na mina Candiota

Quadro 1: Impactos ambientais decorrente da mineração de carvão na Região Sul do Brasil. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025)

No estado do Paraná não foi possível avaliar os impactos ocasionados na cidade de Figueira (Imagem 1). Existe uma grande resistência do Instituto Água e Terra (órgão ambiental estadual) em relação ao cumprimento da Lei nº 12527/2011 (Brasil, 2011) – Lei de Acesso à Informação, o que limita o Instituto ARAYARA em mensurar os passivos. Contudo, a literatura é muito vasta no que tange a drenagem ácida de mineração e contaminação pelo carvão e rejeitos (Shuqair, 2002; Campaner, 2008; Galhardi, 2016) e a dispersão de elementos radioativos (Flues *et al.*, 2006; Campaner, 2013; Kalkreuth *et al.*, 2014; Fungaro *et al.*, 2019).



Imagem 1: Mina Amando Simões, poço 08, onde se extrai carvão mineral em Figueira-PR em mineração subterrânea pelo método de câmaras e pilares. **Fonte:** Acervo institucional do Instituto Internacional ARAYARA (2025), crédito Luz Dorneles.

Santa Catarina certamente é o estado mais impactado pelo setor de mineração de carvão em todo o Brasil, existe uma grande área sob litígio na Ação Civil Pública nº 93.8000533-4 (popularmente conhecida como ACP do carvão), que engloba 195.000 ha em minas subterrâneas abandonadas, minas a céu aberto e depósitos de rejeitos (Imagem 2), além de centenas de quilômetros de rios contaminados por drenagem ácida e aquíferos livres e confinados contaminados pelo carvão (GTA, 2019; 2023). Em 2024, a partir de uma série de investigações ambientais contratadas pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), reconheceu-se que além de estarem contaminadas, áreas dentro da ACP Carvão, **apresentam riscos à saúde humana.**



Imagem 2: Área contaminada sob judice na ACP carvão em Santa Catarina. **Fonte:** Acervo institucional do Instituto Internacional ARAYARA (2023), crédito Sara Ribeiro.

No Rio Grande do Sul, os impactos ambientais associados à mineração de carvão concentram-se principalmente na região de Candiota, onde opera a Companhia Riograndense de Mineração (CRM). A empresa acumula um histórico de autuações por descumprimento de licenças ambientais, lançamentos irregulares de efluentes contaminados por drenagem ácida de mina (DAM) em corpos hídricos, disposição inadequada de resíduos perigosos e realização de lavra em áreas não licenciadas, inclusive em Áreas de Preservação Permanente (FEPAM, 2025). As multas aplicadas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) entre 2018 e 2024 superam R\$ 1,5 milhão em valores corrigidos, refletindo reincidências em práticas como extravasamento de bacias pluviais contaminadas, instalação de estruturas sem licença e não execução de medidas de recuperação ambiental previstas no processo de licenciamento.



Imagem 3: Exploração pelo método de lavra em tiras na mina Candiotá, com a usina de Candiotá III ao fundo. **Fonte:** Acervo institucional do Instituto Internacional ARAYARA (2023), crédito Sara Ribeiro.

No âmbito social, a mineração de carvão tem impactos significativos e amplos sobre a saúde humana, afetando tanto os trabalhadores quanto as comunidades que vivem próximas às áreas de extração. De acordo com Cortes-Ramirez *et al.* (2018), após uma extensa análise internacional, constatou-se que populações residentes a até 5 km de distância das minas apresentam maior incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer, em comparação com populações não expostas.

Além dos problemas respiratórios e cardíacos, a exposição contínua a substâncias tóxicas presentes no carvão e seus rejeitos, como arsênio, mercúrio, selênio e flúor, pode causar envenenamentos crônicos, afetando a pele, ossos, dentes e até o sistema nervoso central (Ding *et al.*, 2001; Finkelman, 2004; Manisalids *et al.*, 2020). Há também registros de doenças parasitárias, maiores taxas de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias e câncer, e uma piora geral na qualidade de vida das comunidades, que relatam maior necessidade de atendimento médico e percepção de riscos à saúde (Martinez-Tovar, *et al.*, 2014; Cortes-Ramirez *et al.*, 2018). Em países em desenvolvimento, esses efeitos são ainda mais acentuados devido à menor fiscalização e controle ambiental (Martinez-Tovar *et al.*, 2014).

Um dos impactos ambientais mais severos da mineração de carvão é a drenagem ácida de mineração (DAM), como já abordado anteriormente, deixando passivos gigantescos

nas regiões carboníferas do país. Esse processo ocorre quando resíduos ricos em sulfeto entram em contato com oxigênio e água, desencadeando reações químicas que acidificam os corpos hídricos e liberam metais tóxicos como ferro, alumínio, manganês, chumbo e zinco. Além de comprometer drasticamente a qualidade da água, a DAM tem efeitos persistentes e de difícil reversão, alterando as condições físico-químicas dos corpos hídricos por décadas (Evangelou; Zhang, 1995; Cardoso; Fan, 2024).

Do ponto de vista social, esse cenário configura uma grave situação de injustiça ambiental, pois afeta diretamente o direito básico ao acesso à água potável, Lei nº 14.026/2020 (Brasil, 2020). Portanto, no que tange aos serviços essenciais, a poluição hídrica imposta por essa atividade econômica compromete a saúde pública, restringe o abastecimento doméstico e agrava a vulnerabilidade das comunidades expostas.

3. USINAS TERMELÉTRICAS MOVIDAS A CARVÃO NACIONAL

No Brasil, a instalação de usinas termelétricas movidas com o carvão mineral brasileiro foi planejada no final da década de 1950, como forma aumentar a oferta interna de energia elétrica com a diversificação dos recursos energéticos. As usinas foram projetadas no formato de boca de mina². Nesse sentido, propôs-se no Paraná, a Usina Figueira no jazimento de Figueira-PR; em Santa Catarina, as usinas de Jorge Lacerda próximas à região carbonífera catarinense; no Rio Grande do Sul, foram propostas às usinas na região do baixo Jacuí com as usinas de São Jerônimo e Charqueadas; e, na região da Campanha, as usinas Presidente Médici e Candiota.

Muitas das usinas do Rio Grande do Sul foram desativadas, como Candiota A e B (Presidente Médici); São Jerônimo e Charqueadas. A usina Figueira passa por um período de indecisão sobre seu futuro, pois está desativada por tempo indeterminado após tentativa de devolução da concessão pelo operador. Candiota III também segue com futuro indefinido por buscar um novo contrato. Em Santa Catarina, o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda tem previsão para operar até 2040.

² Termo utilizado quando a usina é instalada próximo a mineração para facilitar a logística.

A UTE a carvão mais antiga em funcionamento no Brasil é a UTE Figueira (Imagem 4), situada no município de Figueira-PR, na região do Norte Pioneiro paranaense. Sua concepção se deu por meio da criação da Usina Termelétrica de Figueira SA conforme estabelecido na Lei nº 3.226/1957 (Brasil, 1957). A UTE Figueira é fruto de uma concessão pública da União para a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), empresa que foi privatizada em 2023.

Esta UTE utilizava caldeiras de carvão pulverizado, contava com 20 MW de potência e garantia física de 10,3 MW. Entre 2014 e 2022, a usina passou por um processo controverso de modernização, no qual a COPEL construiu uma nova usina, com uma caldeira de leito fluidizado com 20 MW e garantia física de 17,7 MW, no terreno da antiga. Questionamentos sobre a condução do licenciamento, bem como danos ambientais estão sendo conduzidos em âmbito da Ação Civil Pública nº 5015788-26.2024.4.04.7001.



Imagem 4: Usina termelétrica Figueira, localizada nas margens do rio Laranjinha, região do Norte Pioneiro do Paraná. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025), crédito Luz Dorneles.

O Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL - Imagem 5) teve a operação da sua primeira unidade em meados de 1965 e passou por grandes ampliações na sua potência instalada, saindo de 100 MW para 232 MW na década de 1970; passou para 464 MW na década de 1980 e teve sua última unidade finalizada em 1997, dispondo no total de 827 MW (De Morenas, 2022; IMA, 2022a; 2022b; 2023). Este complexo já foi questionado judicialmente pelo Ministério

Público Federal (ACP nº 2004.72.07.005581-6/SC) pela emissão de poluentes e outros danos ambientais. O CTJL é uma constante fonte de contaminação da água subterrânea, através de seus pátios de armazenamento de carvão e de cinzas (Diamante Energia, 2020; 2021; 2022), além de ser uma das maiores emissoras de gases do efeito estufa (GEE) do Brasil.



Imagem 5: Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, localizado no litoral sul de Santa Catarina. **Fonte:** Acervo institucional do Instituto Internacional ARAYARA (2021), crédito Sara Ribeiro.

Candiota III (Imagem 6) é uma usina extremamente problemática. Essa usina foi construída pela Eletrobrás a um custo de R\$ 1,5 bilhão, entrou em operação em 2011 e foi vendida para a Âmbar Energia do grupo J&F por R\$ 75 milhões (Eletrobras, s.d.; Eletrobras, 2023). Esta usina acumula mais de R\$ 122 milhões em multas ambientais entre 2011 e 2017, mais R\$ 1,58 milhão entre 2018 e 2025 (IBAMA, 2017; IBAMA, 2025)³. No período que o estado do Rio Grande do Sul mais precisou da usina ela esteve fora de operação, além de acumular um histórico de descumprimentos da licença de operação, a usina também teve relação com a chuva ácida na região da campanha, aumento na tensão de crises hídricas e uma possível relação com doenças respiratórias (ARAYARA.org, 2024a).

³ Foram 18 autos de infração, que englobam: poluição ambiental, podendo causar danos às populações, fauna e flora; descumprimento da legislação e licença ambiental e fraude no licenciamento.



Imagem 6: Usina de Candiota III, localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul na região da campanha. **Fonte:** Acervo institucional do Instituto Internacional ARAYARA (2023), crédito Sara Ribeiro.

Para além dos impactos sociais já citados para as atividades de mineração, estes são ampliados com a queima do carvão mineral em usinas termelétricas. Destaca-se a emissão de poluentes atmosféricos, que, em diversas ocasiões, ocorre em níveis superiores aos limites legais estabelecidos. Essa prática, frequentemente contestada por meio de Ações Civis Públicas (ACPs), como as já mencionadas, de acordo com Manisalids *et al.* (2020), resulta em uma série de efeitos adversos à saúde humana, com ênfase na ocorrência de doenças respiratórias e cardiovasculares.

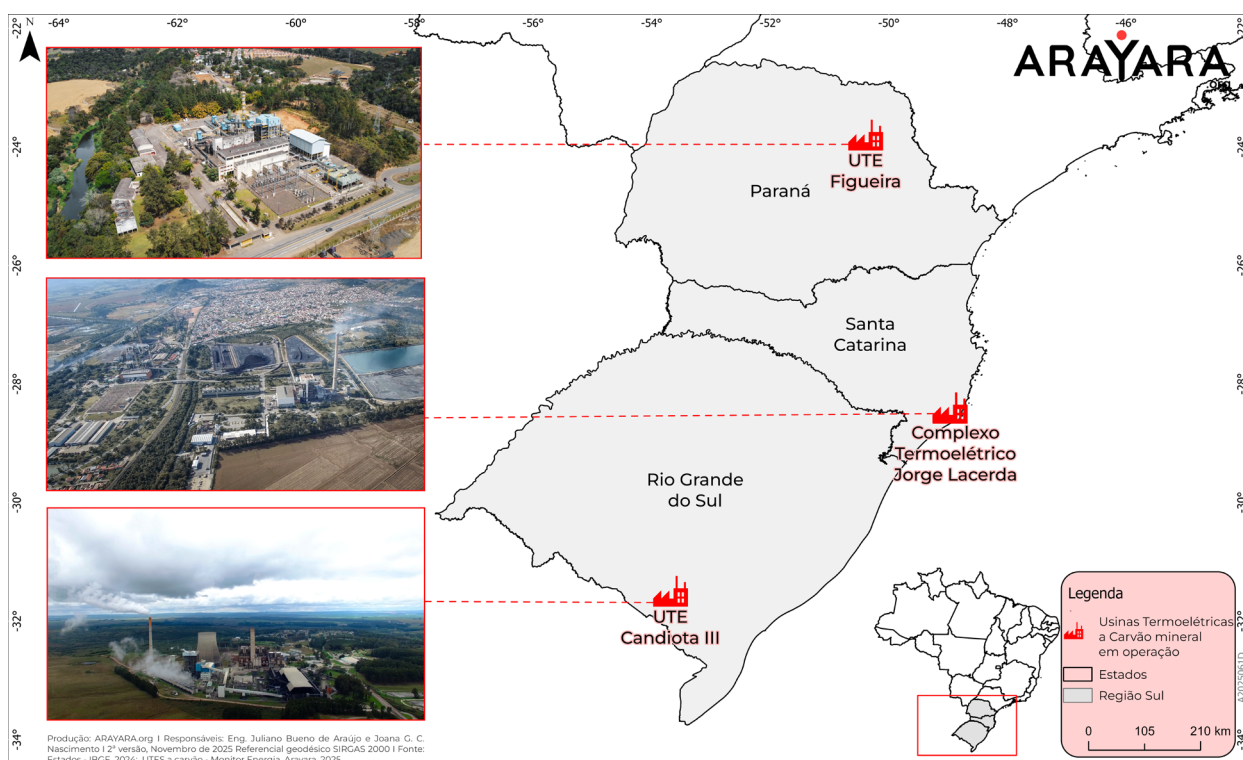
Outro ponto crítico para a sociedade é o elevado consumo de água pelas usinas térmicas, o que pode gerar competição pelo uso desse recurso com a população e casos de escassez hídrica. Somente as três UTEs mencionadas consomem/consumiam⁴, juntas, um volume de água equivalente ao necessário para abastecer um município com aproximadamente 5.920.807 habitantes, considerando um consumo médio de 0,2 m³/hab.dia.

Nos últimos 23 anos (2003 a 2025) as UTEs que utilizam carvão mineral nacional, foram significativamente beneficiadas com subsídios estatais. A Conta de Desenvolvimento

⁴ Dados obtidos nos processos de licenciamento das UTEs Candiota III e Figueira e do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda no que tange às outorgas para captação de água. Para a UTE Figueira utilizou-se a captação outorgada antes do período de “modernização” da usina.

Energético (CDE) estabelecida na Lei Federal nº 10.438/2002 (Brasil, 2002), estabeleceu um encargo nas contas de energia elétrica para subsidiar certas fontes de energia, dentre elas o carvão mineral. As usinas que atendessem os critérios da lei inicialmente recebiam 75% de reembolso em gastos com combustível utilizado para a geração de energia, passando a ser 100% reembolsado, através da Lei Federal nº 12.783/2013 (Brasil, 2013).

Figueira, Jorge Lacerda e Candiota III são beneficiadas pela CDE (Mapa 2). Estas usinas possuem compra mínima anual de carvão que totaliza 4,178 milhões de toneladas de carvão mineral beneficiado, frente a produção média dos últimos 10 anos de 5,879 milhões de toneladas. Estas usinas são responsáveis por consumir mais de 70% de todo o carvão mineral brasileiro produzido, demonstrando a grande dependência do setor à estas usinas.



Mapa 2: Usinas termelétricas à carvão mineral que são beneficiadas pelos subsídios. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025).

Estes subsídios serviram para maximizar os lucros dos detentores das UTEs, chegando a casa dos bilhões de reais por ano (Gráfico 7). Somente de 2010 a 2024, sem correção monetária, foram desembolsados mais de R\$ 12 bilhões para as usinas, sendo R\$ 9,97 bilhões destinados à Santa Catarina para compra do carvão utilizado em CTJL, outro R\$ 1,79 bilhão para a compra de carvão das usinas gaúchas e R\$ 0,24 bilhão para a usina paranaense.

Reembolsos da CDE para as usinas beneficiadas ARAYARA.org

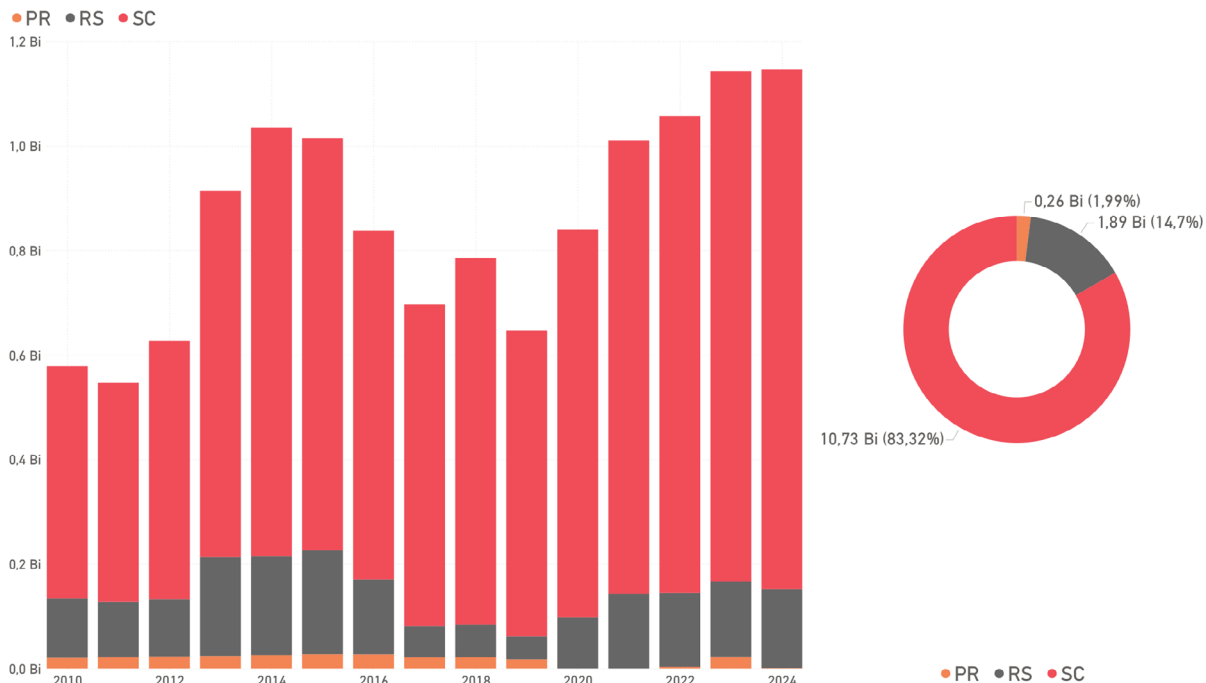


Gráfico 7: Reembolsos da CDE para as usinas beneficiadas. **Fonte:** Elaborado a partir de Eletrobras (2017) e CCEE (2025).

Entre 2010 e 2024, no estado Santa Catarina, os subsídios da CDE foram responsáveis pela manutenção do setor de extração de carvão no estado, evidenciando que o setor carbonífero é totalmente dependente do Complexo Jorge Lacerda para seguir com as suas atividades (Gráfico 8).

Relação entre os reembolsos da CDE com as vendas de carvão beneficiado declarados à ANM

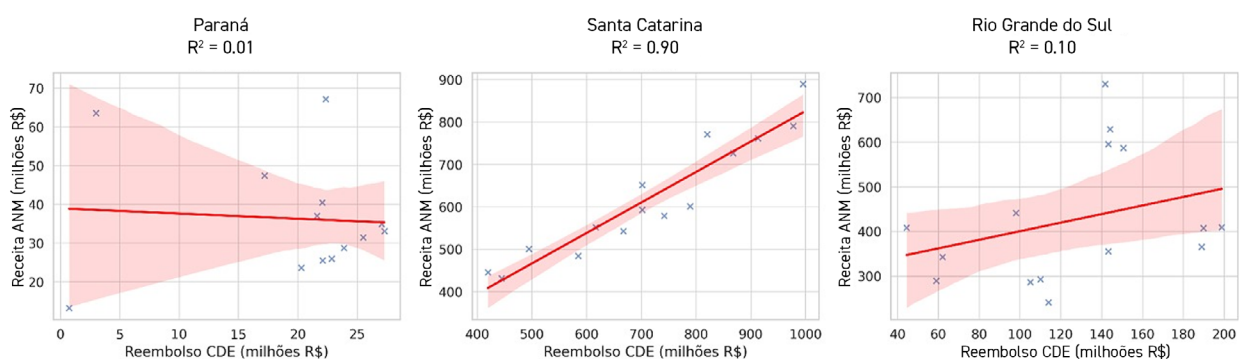


Gráfico 8: Relação entre os reembolsos da CDE com as vendas de carvão beneficiado declarados à ANM. **Fonte:** Elaborado a partir de Eletrobras (2017); CCEE (2025) e ANM (2025)

Para o Paraná a relação de dependência desaparece a partir de 2016 (Gráfico 9), em meio a modernização da UTE Figueira, visto que o principal destino do carvão produzido no estado era a usina. A produção de carvão continuou até 2024, na qual a carbonífera destinava o combustível fóssil (cerca de 30% da produção) para setores não especificados, mas com a desistência da outorga da UTE Figueira como proposta de descarbonização do portfólio da COPEL, as atividades de mineração foram suspensas temporariamente a partir de 26/06/2024 e não se tem de forma pública informações do retorno das atividades até outubro de 2025.

No Rio Grande do Sul, estado que teve a maior quantidade de usina beneficiadas, a relação dos subsídios com a produção de carvão se manteve forte até o fechamento de Candiota II (2017), devido a um termo de ajustamento de conduta (TAC)⁵. Como o setor carbonífero gaúcho é o mais diverso, no que tange aos setores usuários de carvão e com a entrada em operação da UTE Pampa Sul em 2019, a relação é perdida (Gráfico 9).

Período de forte relação entre os reembolsos da CDE com a vendas de carvão para Paraná e Rio Grande do Sul

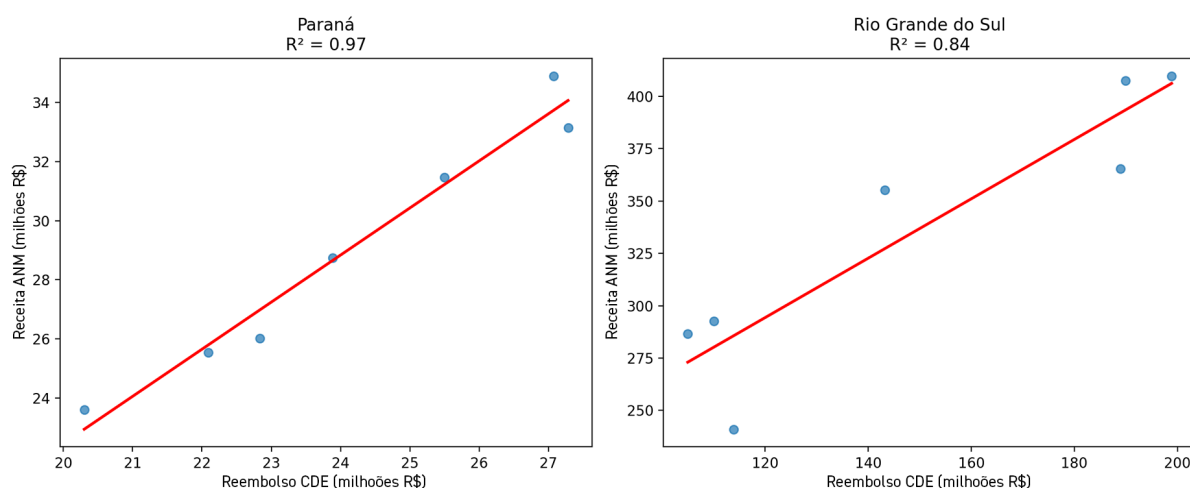


Gráfico 9: Período de forte relação entre os reembolsos da CDE com a vendas de carvão para Paraná e Rio Grande do Sul.
Fonte: Elaborado a partir de Eletrobras (2017) e ANM (2025)

Observando os cinco anos (2020-2024) do Custo Variável Unitário, observa-se uma tendência crescente nos custos das usinas. Com exceção de Figueira, que teve uma nova usina implantada mais eficiente, Candiota III e CTJL apresentaram aumentos significativos

⁵ O TAC foi firmado entre o IBAMA, Advocacia Geral da União, Ministério de Minas e Energia, Ministério de Meio Ambiente e a Eletrobras, visto que a operação da usina acarretava em comprovada degradação da qualidade do ar na região da usina.

no CVU (Tabela 1). Como os processos de definição dos CVUs são sigilosos na ANEEL, não é possível identificar com precisão as causas do aumento, mas para o caso de Candiota III, o aumento pode estar relacionado às melhorias necessárias para que sejam reduzidas as interrupções da operação por falhas operacionais.

ANO	CANDIOTA III	FIGUEIRA	UTLA	UTLB	UTLC
2020	85,88	475,68	252,30	237,13	201,06
2021	90,21	475,68	271,87	255,42	216,19
2022	99,05	468,43	333,20	306,48	261,88
2023	106,04	330,64	394,61	355,26	305,17
2024	110,48	330,64	416,80	375,38	322,29
2025	524,01	330,64	437,01	393,77	338,06

Tabela 1: CVU médio anual para as usinas subsidiadas (R\$/MWh). **Fonte:** Elaborado a partir de ONS (2025b).

No caso do CTJL, observa-se que, em média, entre 2020 e 2024, cerca de 85% CVU foi destinado ao pagamento dos combustíveis, enquanto os 15% restantes corresponderam aos custos variáveis de operação e manutenção (O&M) das usinas. Em termos absolutos, isso representa aproximadamente 49 R\$/MWh voltados à O&M. Candiota III e Figueira apresentaram custos com combustíveis maiores que o próprio CVU (ver Tabela 2, seção 6.2).

Destaca-se que as usinas subsidiadas, movidas a carvão mineral, possuem baixa eficiência energética. Em geral, essas usinas convertem em média 30% da energia química contida no carvão mineral em energia elétrica (Gráfico 10), fatores que estão associados ao ciclo termodinâmico operacional das usinas, às tecnologias utilizadas nas caldeiras e à idade das usinas.

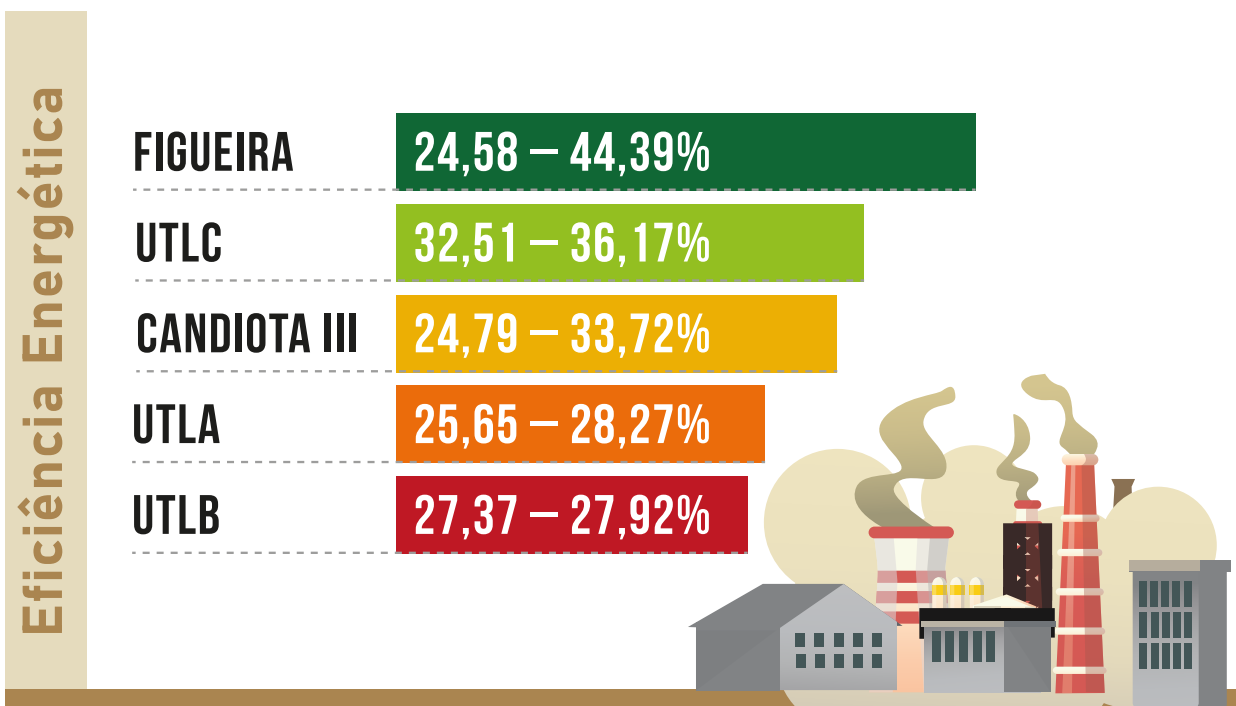


Gráfico 10: Eficiência energética média anual para as usinas entre 2020 e 2024. **Fonte:** Elaborado a partir de ONS (2025a, 2025b) CCEE (2025)

Dada a baixa eficiência e o elevado potencial poluidor do carvão, sua permanência na geração de eletricidade se torna cada vez mais insustentável. A eliminação dessa fonte da matriz energética representaria um passo importante para a redução das emissões, além de ser um avanço significativo nas políticas de descarbonização e transição energética do setor.

Como comparativo, a análise das emissões evidencia que, mesmo representando apenas cerca de 1% da capacidade instalada da matriz elétrica brasileira, as usinas a carvão mineral apresentam índices de emissões superiores aos de outras fontes fósseis. De acordo com o BEN 2024 (EPE, 2024), as termelétricas a gás natural correspondem a aproximadamente 6,3% da capacidade instalada, enquanto as usinas a óleo combustível respondem por cerca de 0,8% (5.960 GWh). Ainda assim, as emissões do carvão frequentemente igualam ou ultrapassam as das usinas a gás e superam as de óleo combustível, mesmo com uma operação mais restrita e potência significativamente menor. Conforme demonstrado no Gráfico 11, as termelétricas a carvão foram responsáveis por 25% das emissões diretas de GEE do setor elétrico, reforçando seu caráter altamente poluente e desproporcional ao seu peso na matriz.

Emissões e Geração Elétrica Matriz Fóssil

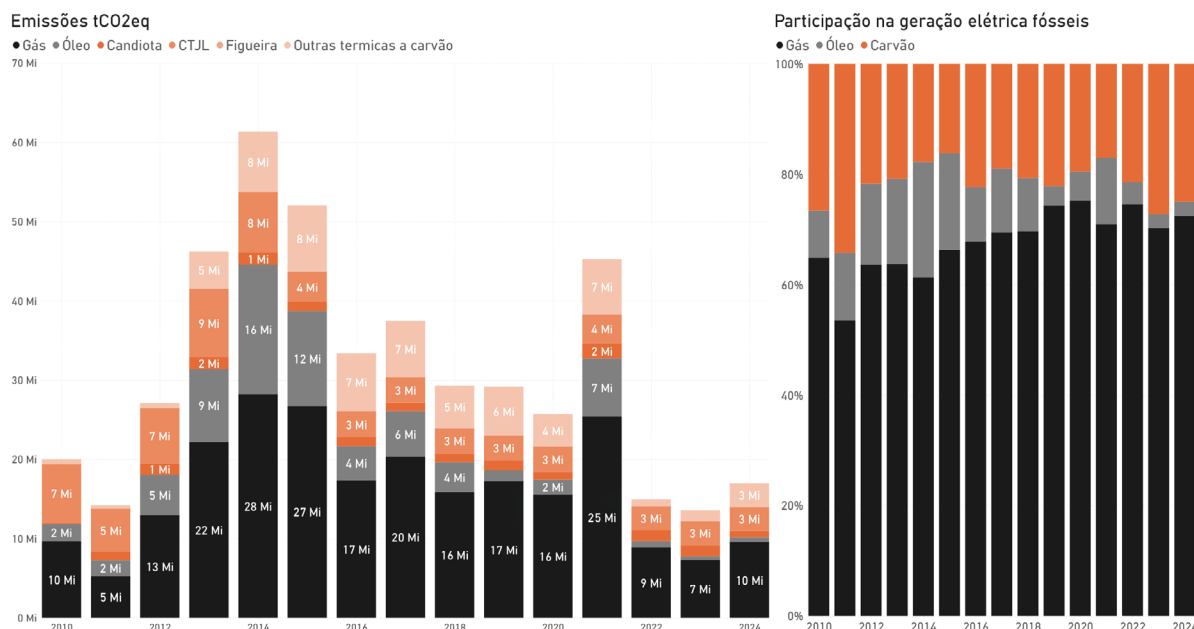


Gráfico 11: Comparativo entre as emissões de gases do efeito estufa das usinas movidas à gás, óleo combustível e a carvão.
Fonte: Instituto Internacional ARAYARA (2025).

Além do impacto climático, o carvão mineral apresenta limitações técnicas severas em termos de operação e flexibilidade. As usinas a carvão não atendem aos parâmetros de flexibilidade exigidos pelo sistema elétrico moderno, caracterizado pela crescente presença de fontes renováveis intermitentes. São unidades com rampa de ativação extremamente longa, que demandam várias horas para entrarem em operação plena, dificultando seu uso em momentos de pico ou em resposta a variações na oferta de energia. Essa inflexibilidade operacional, aliada ao alto custo e elevado potencial emissor, reforça a necessidade de repensar o papel das termelétricas a carvão e na matriz elétrica brasileira, em favor de uma transição energética baseada em fontes limpas, eficientes e compatíveis com os compromissos climáticos da NDC e do Acordo de Paris.

4. FUTURO DO CARVÃO NO BRASIL

Há poucos anos de se encerrar os subsídios do carvão no Brasil, registrou-se o retrocesso em 2021, ano que foi marcado pela abertura do “Programa para o uso sustentável do carvão mineral nacional”, estabelecido pela Portaria MME nº 540/2021 (MME, 2021). Apesar de se tratar do carvão nacional, o programa foi voltado exclusivamente para o estado de Santa Catarina e culminou na Lei nº 14299/2022, que forneceu ao CTJL um contrato de energia de reserva até 2040, além de estabelecer o Conselho de Transição Energética Justa (TEJ), porém o conselho teve apenas uma reunião e se encontra parado desde 2022.

Existiram tentativas de alguns senadores de inserirem emendas à Lei nº 14299/2022 para que Candiota III e Figueira também tivessem o mesmo benefício, porém estas foram arquivadas. Uma nova tentativa de sobrevida à usina gaúcha e à paranaense, veio na forma de “jabutis”⁶ ao Projeto de Lei nº 576/2021 do Senado Federal, que trazia a contratação de Candiota III e Figueira no formato de energia de reserva até 2050, mesmo esse projeto sendo sobre o aproveitamento energético *offshore*. Contudo, ao sancionar a Lei nº 15097/2025, o presidente Lula vetou diversos desses “jabutis”, porém ainda pendentes de apreciação pelo Congresso Nacional, que pode derrubar esses vetos. Ainda, como estratégia política, persiste em tramitação o Projeto de Lei nº 1371/2025 (Câmara dos Deputados, 2025), que pode trazer o “jabuti” do carvão na íntegra para ser votado no Congresso Nacional.

Em outubro de 2025 nasceu a terceira via para tentar dar a sobrevida ao carvão mineral nacional. Por meio de centenas de emendas parlamentares na Medida Provisória nº 1304/2025 (Presidência da República, 2025), nasceu o Projeto de Lei de Conversão (PLC) nº 10/2025, o qual traz novamente a contratação compulsória das UTEs a carvão nacional, este foi enviado no início de novembro para sanção presidencial. As três propostas legislativas atuais (trechos vetados na Lei Federal nº 15097/2025, PL nº 1371/2025 e PLC nº 10/2025), mostram o fortíssimo poder do *lobby* do carvão mineral.

Para averiguar os impactos das contratações compulsórias das usinas a carvão foram propostos três cenários de geração de energia com base na compra de carvão com reajuste anual dos valores (Ver item 6.3), sendo estes: (i) Cenário de compra mínima, estabelecido nas

⁶ O termo “jabuti”, no cenário político brasileiro, é utilizado quando se acrescenta uma emenda a um projeto de lei, na qual esta não tem relação com o tema original.

propostas legislativas e na Lei n° 14299/2022; (ii) Cenário de compra moderada, que representa a média entre o cenário (i) e (iii); e (iii) Cenário de compra elevada, correspondente ao consumo máximo histórico observado.

A partir de 2026, o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL) passará a ser remunerado de forma conjunta a um preço de R\$ 564,37/MWh (EPE, 2024a), em decorrência da Lei Federal n° 14.299/2022, sancionada pelo ex-presidente Jair Bolsonaro. O contrato prevê 80% de inflexibilidade, resultando em uma geração anual de 3.350.551,93 MWh (EPE, 2024b). De acordo com a EPE (2024b), o custo estimado para manter a operação do CTJL até 2040 é de R\$ 28,364 bilhões, disposto em parcelas fixas de R\$ 1,89 bilhão. Esse valor, contudo, poderá ser significativamente maior quando consideradas as correções monetárias e a taxa média de aumento do CVU das usinas do complexo, de 10,06% ao ano (ver Seção 6.3). Nesse cenário, o custo total poderá praticamente dobrar, alcançando cerca de R\$ 60,38 bilhões considerando a compra mínima, podendo chegar a R\$ 70,36 bilhões em um cenário de compra moderada e no máximo R\$ 107,71 bilhões em um cenário de compra elevada.

Tendo em vista a recente aprovação do PLC n° 10/2025 no congresso nacional, há possibilidade da UTE Candiota III e UTE Figueira serem contratadas na mesma modalidade até 2040. A extensão da vida útil dessas usinas significa a necessidade de ampliar novas frentes de mineração de carvão mineral, ou até mesmo a abertura de novas minas no caso do Paraná e Santa Catarina.

No caso da UTE Figueira, a energia líquida contratada resultaria em um custo de aproximadamente R\$ 1,59 bilhão até 2040, com geração fixa mínima de 79.679 MWh/ano, podendo chegar a R\$ 1,94 bilhão em um cenário de compra moderada de carvão e a R\$ 2,28 bilhões em um cenário de compra elevada. Contudo, como já apresentado, ainda há incertezas sobre a continuidade de operação da usina.

A vida útil da mina 08, responsável por abastecer a UTE Figueira, tem previsão de exaustão das reservas até 2037 (Weiss, 2022). Contudo existe um novo projeto de mineração em licenciamento no IAT (2024), a poucos quilômetros da usina, que prevê a exploração anual de quase 1 milhão de toneladas de ROM, para produção de fertilizantes à base de gaseificação do carvão, com reservas suficientes para atender esse projeto por mais de 8 décadas e consequentemente alimentar a UTE Figueira.

Para a UTE Candiota III, os custos gerados ao consumidor, considerando a receita variável, será de R\$ 14,13 bilhões até 2040 no cenário de compra mínima, através da geração anual mínima

de 1.161.804,74 MWh. Os custos totais podem chegar a R\$ 19,62 bilhões em um cenário de compra moderada e R\$ 25,10 para um cenário de compra elevada. Como a mina de Candiota é a maior reserva de carvão mineral do Brasil, seriam necessárias abertura de novas frentes de mineração para o atendimento da demanda da usina.

De forma geral, todo o consumidor de energia enquadrado no art. 3º-A da Lei Federal nº 10848/2004 (Brasil, 2004) será obrigado a pagar para essas usinas operarem. Os custos para a operação dessas usinas entre 2026 e 2040 estão na faixa de R\$ 76,11 a R\$ 107,71 bilhões (vide o Gráfico 12), sendo proporcionalmente muito superiores aos reembolsos da CDE (2010-2024) para a compra do carvão mineral (Gráfico 13); CTJL continua sendo a usina responsável pela maior parcela dos custos, dada sua capacidade instalada muito superior às demais usinas.

PLC nº 10/2025, cenários projetados dos custos de contratação das usinas a carvão entre 2026 e 2040;

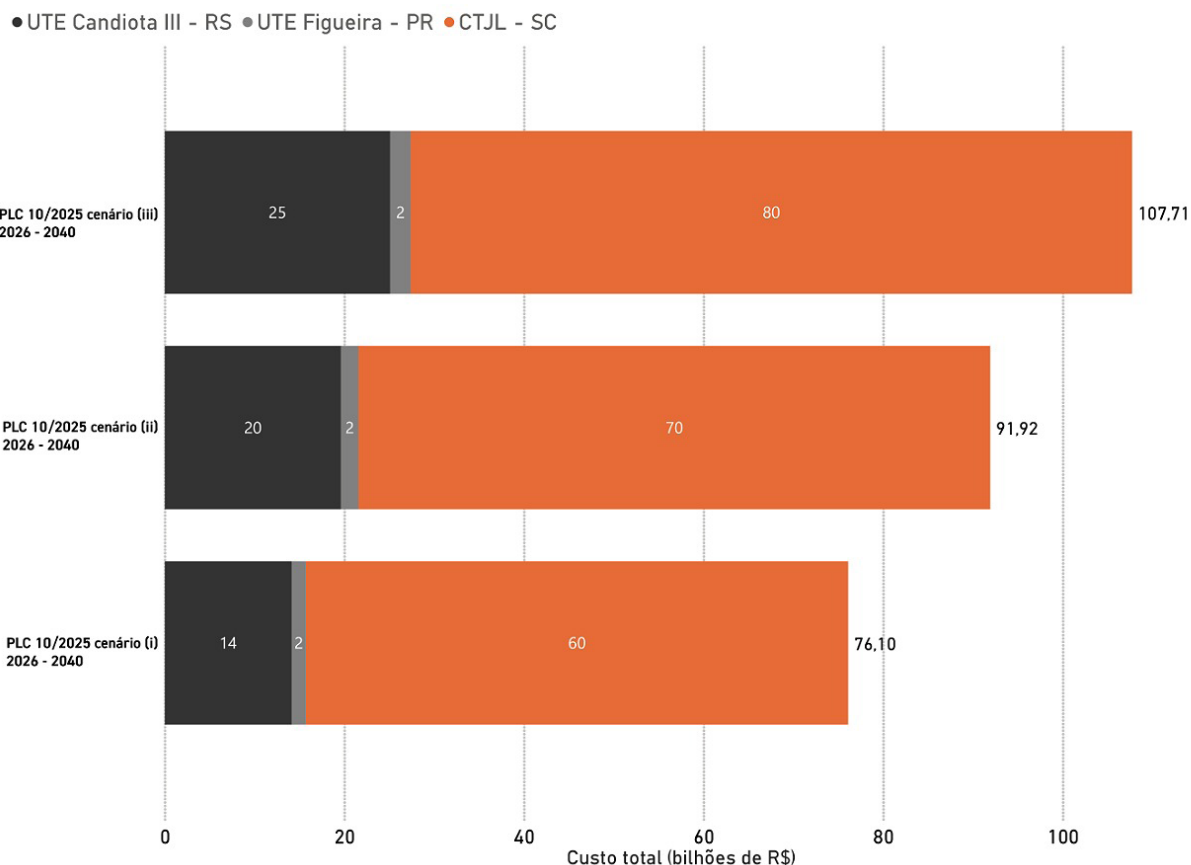


Gráfico 12: Custos da contratação compulsória na modalidade de energia de reserva para as usinas a carvão subsidiadas pela CDE.
Fonte: Instituto Internacional ARAYARA (2025).

CDE: Total dos valores reembolsados pela CDE às usinas a carvão entre 2010 e 2024;

● UTE Candiota III - RS ● UTE Figueira - PR ● CTJL - SC

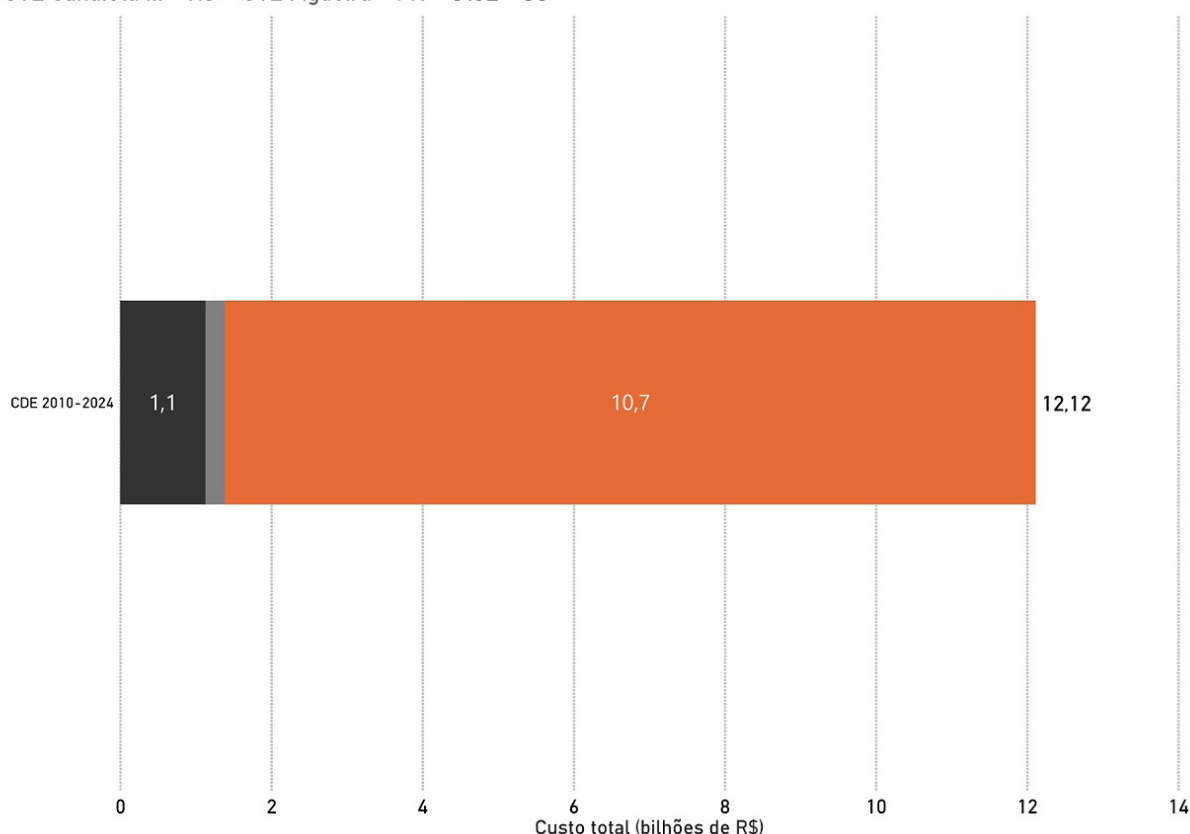


Gráfico 13: Reembolsos da CDE para as usinas subsidiadas. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025).

Considerando este cenário, o setor de mineração do carvão é fortemente beneficiado, visto que conseguirá manter os mesmos patamares de produção, por pelo menos mais 15 anos. Já a transição energética para os municípios com a economia baseada no carvão está muito aquém do ideal. Um exemplo disso: Santa Catarina apesar de ter delineado um Plano de Transição Energética Justa, na prática, há poucas ou quase nenhuma ações efetivadas; o Rio Grande do Sul está discutindo um plano de transição energética e no Paraná não se tem nenhuma iniciativa.

Apesar do carvão mineral representar apenas cerca de 1% da potência instalada da matriz elétrica brasileira, suas emissões são expressivamente elevadas quando comparadas à sua contribuição para geração elétrica. Em 2023, as três usinas a carvão emitiram aproximadamente 4,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, um volume que embora provenha de uma fonte pouco expressiva, tem um peso significativo nas emissões do setor energético.

No mesmo ano, o setor de energia respondeu por 420 milhões de tCO₂e, equivalentes a 14,5% das emissões nacionais, sendo o segmento de transportes o principal responsável, com 224 milhões de tCO₂e, e a geração de eletricidade contribuindo com cerca de 20 milhões de tCO₂e, o que representa aproximadamente 4,8% das emissões do setor energético. Dentro desse cenário, as três usinas a carvão sozinhas responderam por 1,1% das emissões do setor como um todo, que engloba os setores que se utilizam dos fósseis para suas atividades, tais como: setor de transportes, indústria e geração de energia.

Nesse contexto, as emissões das usinas a carvão representaram mais de 20% das emissões da geração elétrica, revelando uma ineficiência climática evidente, uma fonte altamente poluente, responsável por uma fração mínima da oferta de eletricidade, mas por uma fatia desproporcional das emissões.

Além do elevado custo de contratação, com a prorrogação dos contratos das usinas a carvão, serão gerados de 52,35 a 78,64 MtCO₂e apenas pelas três usinas a carvão nacional (CTJL, Candiota III e Figueira) ao longo de sua operação até 2040, o que representa cerca de 6,2 a 8,9% das emissões correspondentes a uma NDC anual Brasileira (Gráfico 14). Considerando suas emissões anuais somadas às demais termelétricas a carvão em operação, o impacto chega a 1,22% das emissões totais permitidas por ano, em um momento em que o país se comprometeu a reduzir entre 59% e 67% de suas emissões até 2035.

Emissões e Geração Elétrica Matriz Fóssil

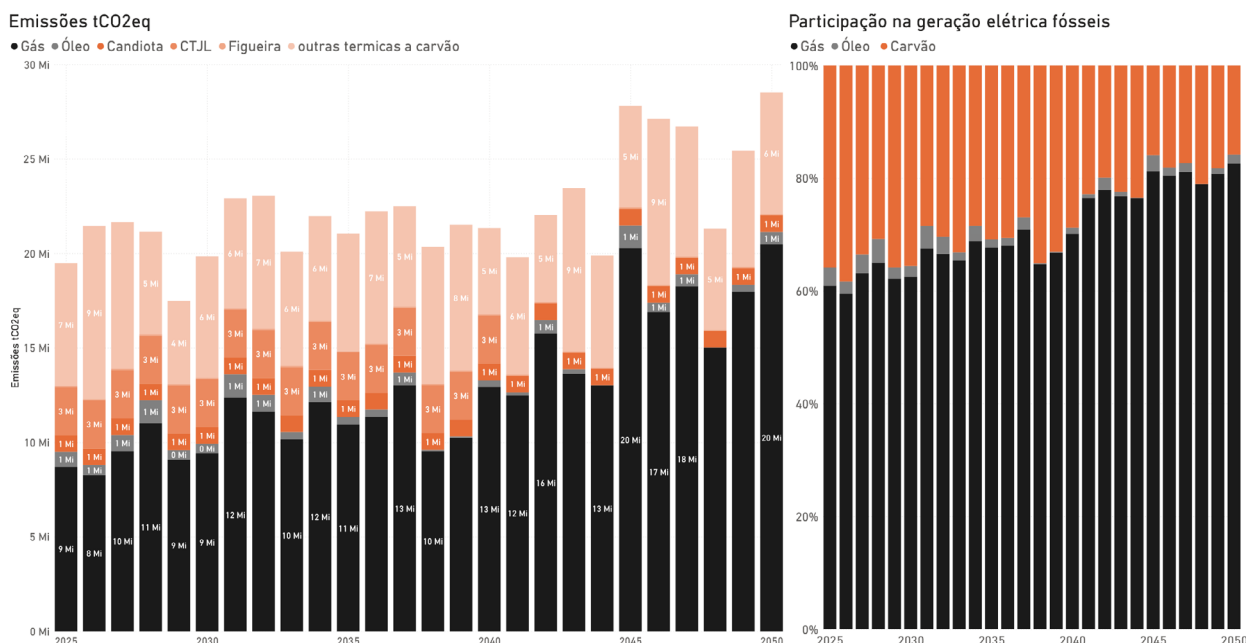


Gráfico 14: Projeção da geração de emissões de gases de efeito estufa e de energia da matriz elétrica fóssil brasileira - Cenário de compra mínima. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025).

Essa escolha política de estender a vida útil de um dos setores mais emissores da economia nacional vai na contramão dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris e enfraquece a trajetória de descarbonização necessária para limitar o aquecimento global a 1,5°C. Ao destinar bilhões de reais para sustentar um modelo energético ultrapassado e altamente poluente, o país arrisca comprometer não apenas suas metas climáticas, mas também sua credibilidade internacional e sua capacidade de promover uma transição energética justa e efetiva.

Por não trazerem nenhum elemento de transição energética justa, e nenhum respaldo de que parte da receita das usinas será revertido em recuperação das áreas impactadas, a extensão da vida útil das usinas, no cenário moderado, ocasionará a extração de 152,68 milhões de toneladas de ROM, destes metade será rejeito de mineração dado os histórico de exploração, e 68 milhões de toneladas de carvão beneficiado cerca de metade serão cinzas dadas as características dos carvões. A grande geração de rejeitos alinhada ao péssimo histórico da destinação, tende atenuar ainda mais a contaminação nas bacias carboníferas.

Outro fato relevante é que o aumento de energia inflexível no Sistema Nacional Interligado, que nos moldes atuais, implicará em novos cortes forçados da energia renovável, seja perene

(hidrelétricas) ou intermitente (solar e eólica), também conhecido como curtailment. Caso a UTE Figueira, CTJL e Candiota III atingirem um pico de geração no ano equivalente a 4,45 TWh representará uma parcela quase que desprezível na geração elétrica do país, projetada pelo MME & EPE (2024) para 870 TWh, ainda assim, impactará nos cortes de geração de energia renovável. As implicações da extensão da vida útil das UTEs estão elencadas no Quadro 2.

TOTAL DE ENERGIA GERADA	CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO	EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	CONSUMO CARVÃO CONSUMIDO
68,88 a 99,53 TWh	R\$ 76,11 a R\$ 107,71 bilhões	52,35 a 75,64 MtCO ₂ e totais entre 2026 a 2040	126,39 a 178,97 milhões de toneladas de carvão bruto (ROM)
Menos de 1% da Matriz Elétrica	Aumento do <i>curtailment</i> ;	até 0,6% da NDC brasileira que é 0,85 GtCO ₂ e/ano	Extraídas 71,49 a 97,82 milhões toneladas de rejeitos de mineração
Geração representará menos 1% da demanda de energia elétrica para 2034	Nenhum investimento previsto em recuperação ambiental		54,90 a 81,16 milhões de toneladas de carvão beneficiado consumidos
			25,52 a 38,23 milhões toneladas de cinzas

Quadro 2: Síntese das implicações da extensão da vida útil da usinas movidas à carvão nacional. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025).

Uma iniciativa mais abrangente para recontratar as usinas de carvão mineral no Brasil, veio por parte do Ministério de Minas e Energia através da Portaria MME nº 859/2025 (MME, 2025a), que inseriu o carvão mineral como fonte de energia no certame para o Leilão de Reserva de Capacidade (LRCAP 2026), mesmo sem que as usinas a carvão não atendam, nem de perto, os critérios desejadas para flexibilidade operativa requerida pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) para os próximos anos.

Houveram mais de 136 contribuições na consulta pública para o edital (MME, 2025b), inclusive as do ARAYARA, que marcou uma forte objeção dos atores contra a inserção do carvão mineral no certame. Caso a proposta do PLC nº 10/2025 falhe, este edital poderá recontratar diversas usinas que hoje estão sem contratado, como Figueira e Candiota III, ou usina que tem o contrato a vencer em um futuro próximo, como são os casos das usinas que consomem carvão importado: Pecém I, Pecém II e Porto Itaqui, que podem receber mais dez anos de contrato, caso se saírem vencedoras no leilão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A permanência do carvão mineral nacional na matriz elétrica brasileira reflete muito mais às vontades de grupos de interesse do que uma necessidade técnica ou econômica. Mesmo sendo uma fonte pouco expressiva, nos últimos 23 anos, as usinas termelétricas foram mantidas artificialmente através dos subsídios da CDE e podem ser mantidas até a metade do século com legislações que garantem suas operações compulsórias. Tais vontades impõem ao consumidor altos custos na energia, impactam nos compromissos climáticos do país e perpetuam impactos ambientais e sociais profundos nas regiões carboníferas.

Este estudo demonstra que as usinas: Figueira, Candiota III e o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda apresentam baixas eficiências energéticas, altos custos de geração e alto potencial de geração de gases do efeito estufa em relação à matriz elétrica fóssil do Brasil. Esses resultados evidenciam o desalinhamento da geração a carvão com as metas de descarbonização assumidas pelo Brasil em sua NDC, que prevê a redução entre 50% e 67% das emissões até 2035. Além do prejuízo climático a continuidade da operação destas usinas, impactarão diretamente a qualidade do ar nas regiões onde se encontram, além de contribuir indiretamente para a contaminação da água, solo e ar, em decorrência das atividades de exploração do carvão mineral.

Sob o aspecto econômico, a continuidade desses empreendimentos representa um grande contrassenso. Enquanto o Brasil dispõe de um gigantesco esforço para subsidiar e prorrogar a vida útil de usinas, que de modo geral são obsoletas e altamente poluentes, a transição energética justa permanece ausente ou estagnada pelas intenções políticas, com escassas iniciativas de requalificação profissional e diversificação econômica nas regiões dependentes do carvão. Tal cenário não é somente desfavorável para o acordo de Paris, mas também compromete a credibilidade internacional do Brasil frente à COP-30.

Diante disso, urge a necessidade de redirecionar os investimentos públicos para fontes renováveis e programas de transição energética justa que assegurem alternativas sustentáveis de emprego e renda para às populações impactadas. O encerramento planejado do setor carbonífero, aliado à recuperação ambiental das áreas degradadas, constitui uma etapa fundamental para que o Brasil possa alinhar uma trajetória de desenvolvimento livre de carvão, resiliente e socialmente justa.

6. METODOLOGIA

6.1. CÁLCULO DAS EFICIÊNCIAS

A eficiência térmica de uma usina é calculada a partir da relação entre a energia útil produzida e a energia térmica fornecida pelo combustível. De acordo com a U.S. Energy Information Administration (USEIA, [s.d]), a taxa de calor é calculada dividindo-se o conteúdo energético do combustível pela quantidade de eletricidade gerada (kWh). Assim, uma menor taxa de calor indica uma maior eficiência (EIA, 2025).

Sob aspecto do aproveitamento da energia contida no combustível que é efetivamente transformada em energia elétrica, calculou-se a eficiência energética das UTEs do SIN com base na metodologia proposta pela Agência Nacional de Energia Elétrica, (ANEEL, 2022), dada pela equação:

$$\eta_{UTE}(\%) = \frac{E_{produzida}}{[\sum Q_i \text{ PCI}_i]} \quad (1)$$

- $E_{produzida}$: Energia elétrica líquida produzida pela central geradora, medida no ponto de conexão à rede, em MWh;
- Q_i : Quantidade de combustível consumido em m³ ou t, conforme a unidade do PCI;
- PCI_i : Poder calorífico inferior médio mensal do combustível, em MWh/m³ ou MWh/t, a ser declarado pelo agente de geração na base do combustível “como recebido” (1 MWh equivale a 859.845 kcal); e
- i : Combustível consumido (carvão mineral, óleo combustível, óleo diesel).

6.2. DISCRIMINAÇÃO DO CUSTO VARIÁVEL UNITÁRIO

O CVU é definido de modo geral pela Portaria MME nº 203/2014 (MME, 2014), compreende o custo necessário para cobrir todos os custos operacionais do empreendimento. Conforme apresentado pela EPE (2017) o CVU expresso em R\$/MWh e compreende a todos os custo para a geração exceto custos fixos, conforme a Portaria MME nº 46/2007 (MME, 2007), o CVU (R\$/MWh) pode ser expresso algebricamente pela equação 2,

$$CVU = C_{comb} + C_{O\&M}, \quad (2)$$

sendo:

- C_{comb} : energia elétrica líquida produzida pela central geradora, medida no ponto de conexão à rede, em MWh;
- $C_{O\&M}$: demais custos variáveis incorridos na geração flexível, expressos em R\$/MWh.

Entende-se que o C_{comb} pode ser calculado através da equação (3), na qual Q_i é a quantidade de combustível i que foi utilizado no ano, sendo carvão mineral, óleo combustível e óleo diesel dado em t/ano (CCEE, 2025); PU_i é o custo de cada combustível dado em R\$/t; e E é a energia despachada dada em MWh obtida em ONS (2025a).

$$C_{comb} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \times PU_i}{E} \quad (3)$$

Inferiu-se o $C_{O\&M}$ utilizando o valores de CVU apresentados pelo ONS (2025b) e os valores de C_{comb} obtidos por meio da equação (3). Os valores obtidos estão dispostos na Tabela 2.

ANO	CANDIOTA_3		FIGUEIRA		J.LACER. A		J.LACER. B		J.LACER. C	
	Ccomb (R\$/MWh)	CO&M (R\$/MWh)	Ccomb (R\$/MWh)	CO&M (R\$/MWh)	Ccomb (R\$/MWh)	CO&M (R\$/MWh)	Ccomb (R\$/MWh)	CO&M (R\$/MWh)	Ccomb (R\$/MWh)	CO&M (R\$/MWh)
2020	75,12	10,76	0,00	0,00	222,85	29,44	217,36	19,78	182,14	18,91
2021	92,22	-2,01	0,00	0,00	249,03	22,84	240,11	15,31	202,47	13,72
2022	102,35	-3,31	212,41	256,02	293,62	39,58	269,50	36,97	227,46	34,42
2023	120,78	-14,75	400,67	-70,03	283,75	110,86	288,84	66,42	242,39	62,78
2024	142,61	-32,13	297,07	33,57	325,80	90,99	301,49	73,89	228,25	94,04
MÉDIA	106,62	-8,29	182,03	43,91	275,01	58,74	263,46	42,47	216,54	44,78

Tabela 2: Composição do CVU para as usinas subsidiadas. **Fonte:** Instituto Internacional ARAYARA (2025).

6.3. CUSTOS ESPERADOS

A partir de EPE (2024a), que definiu as métricas do contrato de energia de reserva de CTJL, por meio da Equação 6, que dispõem da energia contratada para o complexo. Para Figueira e Candiota III, empregou-se a mesma metodologia apresentada pela EPE (2024a). O detalhamento dos parâmetros está na Tabela 3.

$$E_{cont} = \frac{C \times PCI}{Q_{esp}} \times (1 - C_{int}) \times (1 - P_{int}) \times (1 - P_{rede}) \quad (6)$$

PARÂMETROS	CTJL	FIGUEIRA	CANDIOTA III
C : Compra mínima ¹ ; moderada e elevada (t/ano) ¹	2.400.000,00; 2.796.658,28; 3.193.316,55	60.000,00; 72.900,00; 85.800,00	1.200.000,00; 1.665.634,38; 2.131.268,76
PCI : Poder calorífico inferior (kJ/t) ²	16,03	23,08	13,82
Q_{esp} : Consumo específico (kJ/MWh) ^{2,3}	10,02	14,57	12,05
C_{int} : Consumo interno (%) ²	10,11	13,41	13,28
P_{int} : Perdas internas (%) ²	0,36	0,87	0,36
P_{rede} : Perdas na rede Básica (%) ^{2,4}	2,59	2,30	2,30
E_{cont} : Energia contratada mínima; moderada e elevada (MWh/ano)	3.350.415,10; 3.904.152,54 4.457.889,99	79.679,28; 96.810,33; 113.941,37	1.161.804,74; 1.612.618,26 2.063.431,78

Notas: ¹ Compra mínima definida pela REN nº 1016/2022 (CCEE, 2025); ² Apresentado pelos operadores; ³ Calculado a partir de ONS (2025a) e CCEE (2025); ⁴ Considerou-se a perda média da rede, de acordo com a ANEEL (2024).

Tabela 3: Demonstrativo do cenário de energia de reserva para usinas. **Fonte:** Instituto Internacional Arayara (2025).

Para o jabuti do carvão trazido pelo PLC nº 10/2025 as usinas terão suas receitas divididas em receita fixa dos combustíveis (Rf_{Comb}) e demais receitas necessárias para a operação dos empreendimentos (Rf_{Demais}), conforme apresentado na equação 4.

$$Rf_{tot} = Rf_{Demais} + Rf_{Comb} \quad (4)$$

A parcela dos combustíveis (Rf_{Comb}) segue o CVU teto do Leilão de Energia Nova A-6 de 2019, apresentado em EPE (2019), para aquele certame. Considerando que o CVU teto do A-9 de 2019 foi de 300 R\$/MWh (EPE, 2021), corrigido pelo IPCA em novembro de 2025 seria de **421,88 R\$/MWh**. Com exceção de CTJL, que já foi definida em EPE (2024a; 2024b), a parcela que compreende os demais custos de operação (Rf_{Demais}) para Figueira e Candiota III estão citados na Tabela 4, que apresenta o custo de contratação.

USINA	CUSTO DE CONTRATAÇÃO (R\$/MWH)	TAXA DE REAJUSTE COM BASE NO CVU
Figueira	626,59 ¹	10,06%
CTJL	564,37 ²	10,06%
Candiota III	518,48 ³	6,10%

Notas: ¹ Valor do CVU teto do leilão A-6 de 2019 (EPE, 2019) acrescido dos demais custos fixo da usina apresentados por COPEL (2019) ajustados para novembro de 2025; ² EPE (2024a); ³ Valor do CVU teto do leilão A-6 de 2019 (EPE, 2019) acrescido dos demais custos fixos da usina apresentado por ANEEL (2025).

Tabela 4: Custo de contratação das UTEs. **Fonte:** Instituto Internacional Arayara.

A partir desses valores foram gerados três cenários, de geração de energia com base no consumo de carvão mineral: (i) Cenário de compra mínima, estabelecido nas propostas legislativas e na Lei nº 14299/2022; (ii) Cenário de compra moderada, que representa a média entre o cenário (i) e (iii); e (iii) Cenário de compra elevada, correspondente ao consumo máximo histórico observado. Para ajustar os preços no decorrer dos anos considerou-se a taxa de crescimento do CVU da média das usinas (ver Tabela 4), conforme apresentado na equação 5.

$$i = 1 - \left(\frac{\overline{CVU}_i}{\overline{CVU}_f} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (5)$$

- i : taxa anual de crescimento (%);
- CVU_i : CVU médio anual do ano i (R\$/MWh) obtido em ONS (2025b)
- CVU_f : CVU médio anual de 2025 (R\$/MWh) obtido em ONS (2025b)
- n : Período analisado.

Para Candiota III utilizou-se o período 2020 a 2024 e para CTJL 2020 a 2025, já Figueira como não teve variação crescente no CVU, dada a construção da nova usina, que reduziu os custos para o operador, considerou-se a taxa de crescimento para Jorge Lacerda, visto que o carvão representa a maior parcela do CVU e o preço do carvão de Figueira tende a crescer de forma parecida com o de CTJL (Gráfico 15).

Evolução do Preço Unitário Médio do Carvão Mineral Vendido

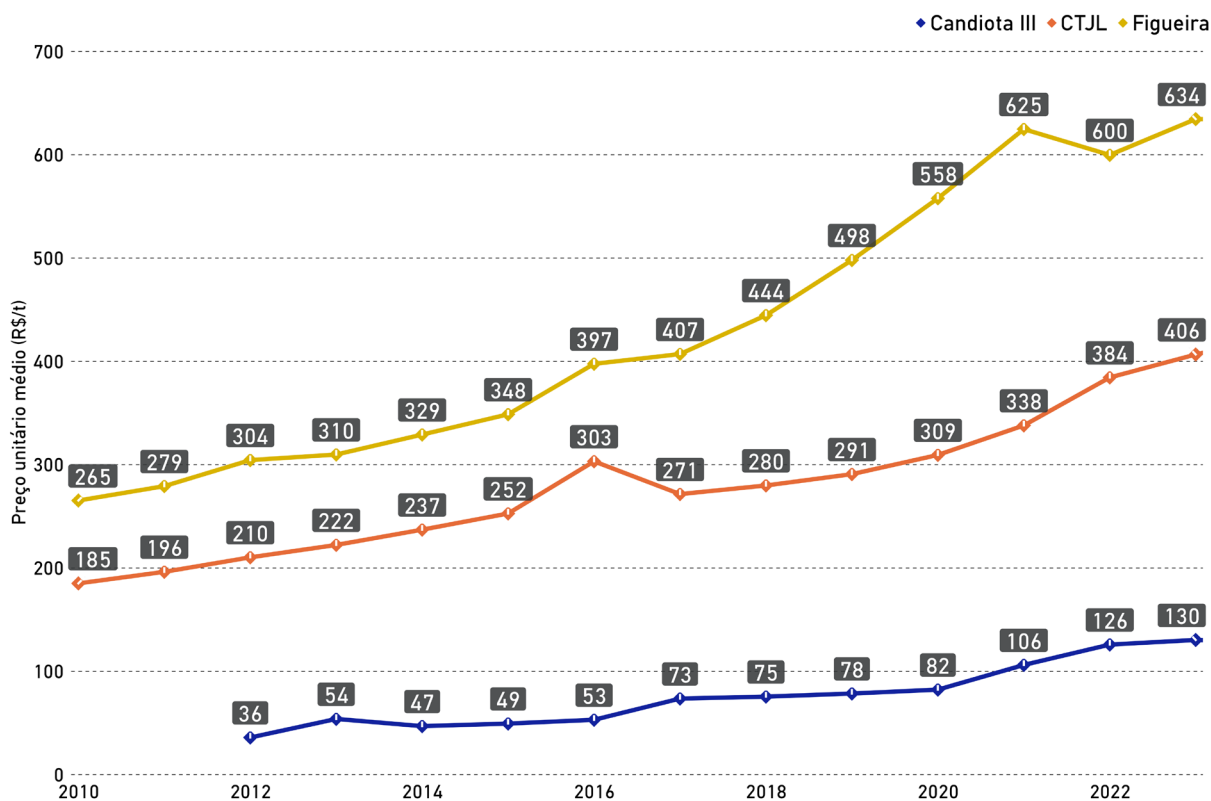


Gráfico 15: Evolução do Preço Unitário Médio do Carvão mineral subsidiado pela CDE.

Fonte: Elaborado a partir de Eletrobras (2017) e CCEE (2025)

$$R_V = \sum_{n=2026}^{2040} R_n (1 + i)^{(n-2026)} \quad (6)$$

- R_V : Receita variável acumulada (R\$);
- R_n : Receita anual no ano n (R\$);
- n : Anos da análise sendo, $2026 \leq n \leq 2040$.

6.4. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

A NDC do Brasil de 2024 estabeleceu um limite de emissões entre 0,85 e 1,05 GtCO₂ até 2035. A atual NDC do Brasil inclui os objetivos de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 53% (1,2 gigatonelada de gás carbônico equivalente) até 2030 e de zerar as emissões líquidas até 2050.

Com base no Cenário Futuro apresentado no PDE 2034, a demanda termelétrica máxima na malha integrada apresenta uma taxa de crescimento de 3,7% ao ano (MME & EPE, 2024). Essa projeção reflete a evolução das UTEs existentes e previstas, considerando o término de contratos de algumas usinas entre 2024 e 2025, e sua posterior recontração a partir de 2026 através do LRCAP 2021 (Leilão de Reserva de Capacidade). Para as usinas a carvão, utilizamos os valores fixos de geração conforme estabelecido:

- **Figueira:** 79.679,28 MWh/ano
- **CTJL:** 3.350.551,93 MWh/ano
- **Candiota:** 1.161.804,74 MWh/ano

Para as demais usinas a carvão, adotamos um valor médio do período em operação e aplicamos uma flutuação de 10%, refletindo a natureza variável da geração, que não se mantém constante ao longo do tempo, conforme observado nos anos anteriores.

As emissões associadas ao setor energético podem ser classificadas em **diretas**, resultantes da queima de combustíveis fósseis como carvão e gás natural para geração de

eletricidade. Essas fontes liberam dióxido de carbono (CO_2) e outros gases poluentes diretamente na atmosfera durante a combustão (IPCC, 2006).

Para estimar as emissões, adotamos a abordagem recomendada pelo **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2014)**, expressando os resultados em **gramas de CO_2 equivalente por kWh gerado ($\text{gCO}_2\text{eq/kWh}$)**. Para o óleo combustível em especial por não constar nesta lista adaptamos os fatores de emissão por combustão apresentados pelo IPCC (2006). Essa métrica permite comparar diferentes fontes de energia de forma padronizada e avaliar seu impacto ambiental ao longo do tempo.

Dessa forma temos os fatores de emissão como:

- **Gás:** 370 $\text{gCO}_2\text{eq/kWh}$
- **Carvão:** 760 $\text{gCO}_2\text{eq/kWh}$
- **Óleo Combustível:** 629,1 $\text{gCO}_2\text{eq/kWh}$

Com essa metodologia, realizamos uma **previsão das emissões futuras**, assumindo variações anuais semelhantes às observadas no passado para o carvão, e a tendência de crescimento projetada no PDE para as usinas a gás. O resultado é apresentado no gráfico comparativo das emissões do carvão nacional e das usinas a gás ao longo do horizonte estudado.

REFERÊNCIAS

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Anuário Mineral Brasileiro (AMB): produção beneficiada.** [S.l.]: ANM, 2025. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/anuario-mineral-brasileiro-amb>. Acesso em: 10 fev. 2025.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de energia elétrica na distribuição: 2024.** Brasília, DF: [s.n.], 2024. 16 p. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/perdasenergias>. Acesso em: 9 out. 2025.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.016, DE 19 DE ABRIL DE 2022. Estabelece as regras para o planejamento, formação, processamento e gerenciamento das parcelas Carvão Mineral e Conta de Consumo de Combustíveis - CCC, associadas à Conta de Desenvolvimento Energético - CDE, os procedimentos para a adequação das instalações físicas, contratos comerciais e rotinas de operação, necessários à interligação de sistemas isolados ao Sistema Interligado Nacional - SIN, e os critérios para adição de unidades geradoras de fonte renovável em centrais geradoras nos Sistemas Isolados; revoga as Resoluções Normativas Aneel nº 447, de 13 de setembro de 2011; nº 801, de 19 de dezembro de 2017; nº 840, de 18 de dezembro de 2018 e dá outras providências.** *Diário Oficial da União*. 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221016.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2025.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Processo nº 48500.012485/2025-36, Anexo 1 - Checklist.** 2025.

ARAYARA - INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA. **ESTUDO DIAGNÓSTICO - USINA TERMELÉTRICA FIGUEIRA: IMPACTOS DA QUEIMA DO CARVÃO MINERAL EM FIGUEIRA-PR.** Curitiba: Arayara.org, 2024b.

ARAYARA - INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA. **UTE Candiota 2050: o futuro insustentável da produção de energia elétrica a partir do carvão mineral subsidiado.** Porto Alegre: Arayara.org, 2024a. Disponível em: <https://monitordocarvao.org/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 3.226, de 27 de julho de 1957.** Dispõe sobre a constituição da Usina Termoelétrica de Figueira S. A. (UTELFA), em Curiúva, Estado do Paraná. *Diário Oficial da União*, Seção 1, 29 jul. 1957, p. 18565. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l3226.htm. Acesso em 14 de agosto de 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril

de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 29 abr. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm. Acesso em: 8 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Seção 1, ed. 135, 16 jul. 2020, p. 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (...). *Diário Oficial da União*, Seção 1, ed. extra, 18 nov. 2011, p. 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 30 set. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2034**. Brasília: MME/EPE, 2024. Disponível: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034>. Acesso em: 25 de setembro de 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei nº 1.371, de 2025**. Altera a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, para garantir a Transição Energética Justa com a sobrevivência socioeconômica das zonas carboníferas da Região Sul do Brasil e aumentar a segurança energética do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2491660>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

CAMPANER, V. P. **Geoquímica de drenagem ácida de mina em atividade carbonífera, município de Figueira (PR)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CAMPANER, V. P. **Dispersão geoquímica elementar e isotópica na atmosfera e no solo em área com atividade minerária e termelétrica a carvão**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências – Geologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

CARBONÍFERA CAMBUÍ. **Relatório do Estado Geral da Mina e Atividades Complementares: Suspensão Temporária da Lavra**. 2024. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?Dw5BgI2DFMbZfaN-2ZQIG-rqoR-M5MS6qf0M_TyTV079aewLgaY_K9luHZ54jatXEt79YtkHjiYJLYGeCrTONPkkJcxJVsFxxUTUfa-ALw74RXXdFI5o0Ufhc7H6QEPAAna. Acesso em: 08 de outubro de 2025.

CARDOSO, A. T.; FAN, F. M. **Mining's legacy: Unraveling the impacts of acid mine drainage on the rivers and streams of the Santa Catarina coal region, Brazil**. *Geochimica Brasiliensis*, v. 38, e-24002, 2024.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento de contas setoriais: CDE, CCC e RGR. Módulo 3 - Conta de Desenvolvimento Energético - CDE.** 2022. Disponível em: https://www.ccee.org.br/documents/80415/919498/PdCS_modulo_3_-_CDE_v_10.0.pdf/ad93dd2e-c4ca-9004-b1bb-d618d960e39b. Acesso em: 30 de outubro de 2024.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Memória de Cálculo de Reembolso de Carvão Mineral.** 2025. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2025.

CORTES-RAMIREZ, J.; NAISH, S.; SLY, P. D.; JAGALS, P. **Mortality and morbidity in populations in the vicinity of coal mining: a systematic review.** BMC Public Health, v. 18, n. 721, 2018.

DIAMANTE GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA. **Relatório semestral de monitoramento dos rios e efluentes (CTJL-CEUT-EFL-SEM-01/2020).** Capivari de Baixo - SC, 2020.

DIAMANTE GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA. **Relatório semestral de monitoramento dos rios e efluentes (CTJL-CEUT-EFL-SEM-02/2020).** Capivari de Baixo - SC, 2021.

DIAMANTE GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA. **Relatório trimestral de monitoramento ambiental (CTJL-CEUT-PATIO-TRI-01/2022).** Capivari de Baixo - SC, 2022.

DING, Z.; ZHENG, B.; LONG, J.; BELKIN, H. E.; FINKELMAN, R. B.; CHEN, C.; ZHOU, D.; ZHOU, Y. **Geological and geochemical characteristics of high arsenic coals from endemic arsenosis areas in southwestern Guizhou Province, China.** Applied Geochemistry, v. 16, ed. 11-12, p. 1353-1360, 2001.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro 2005.** ANM, Brasília-DF, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2005/@download/file/anuario-mineral-brasileiro-2005.pdf>. Acesso em: 13 de agosto de 2025.

ELETOBRAS. **Conta de Desenvolvimento Energético (CDE).** 2017. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Conta-de-Desenvolvimento-Energetico.aspx>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2025.

ELETOBRAS. **Geração - TERMELÉTRICA CANDIOTA III (FASE C).** [s.d.]. Disponível em: <https://www.cgteletrosul.com.br/nosso-negocio/geracao/candiota>. Acesso em: 24 de novembro de 2025.

ELETOBRAS. **Fato Relevante.** 2023. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2023/09/fato-relevante-candiota.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2025.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO - Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro Metodologia e Cálculo - 2017.** 2017.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia termelétricas: Gás Natural, Biomassa, carvão, nuclear.** EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/livro-sobre-energia-termeletrica-gas-natural-biomassa-carvao-nuclear>. Acesso em: 9 de dezembro de 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **INFORME TÉCNICO - EPE-DEE-IT-075/2021-r1. Leilão de Energia Nova A-5 de 2021 Preços de Referência dos Combustíveis para as Usinas Termelétricas.** 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-592/IT%20Pref%20Combust%-C3%ADveis%20-%20EPE-DEE-IT-075-2021-r1.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2025.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético Nacional 2024 - Ano base 2023.** 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2025.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **NOTA TÉCNICA EPE/DEE/SGR/069/2024-R2: CÁLCULO DO PREÇO DE CONTRATAÇÃO DO COMPLEXO TERMELÉTRICO DE JORGE LACERDA (CTJL) - LEI Nº 14.299/2022 PORTARIA Nº 768/GM/MME/2024.** 2024a.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Demonstração de Resultado do Exercício - DRE (milhões R\$).** 2024b.

EVANGELOU, V. P.; ZHANG, Y. L. **A review: pyrite oxidation mechanisms and acid mine drainage prevention.** Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 25, n. 2, p. 141-199, 1995.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Sistema Online de Licenciamento Ambiental.** 2025. Disponível em: <https://secweb.procergs.com.br/sra/>. Acesso em: 04 de junho de 2025.

FINKELMAN, R. B. **Potential health impacts of burning coal beds and waste banks.** International Journal of Coal Geology, v. 59, p. 19-24, 2004.

FLUES, M.; CAMARGO, I. M. C.; SILVA, P. S. C.; MAZZILLI, B. P. **Radioactivity of coal and ashes from Figueira coal power plant in Brazil.** Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v. 270, n. 3, p. 597-602, 2006.

FUNGARO, D. A.; SILVA, P. S.; CAMPELLO, F.; MIRANDA, C. S.; IZIDORO, J. **Evaluation of radionuclide contamination of soil, coal ash and zeolitic materials from Figueira Thermoelectric Power Plant.** Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 7, n. 2A, 2019.

GTA - GRUPO TÉCNICO DE ASSESSORAMENTO. **12º Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais. Ação Civil Pública nº 93.800.533-4, Processo de Cumprimento de Sentença nº 2000.72.04.002543-9.** 2019. Disponível em: <https://acpcarvao.com.br/forum/show-thread.php?tid=25>. Acesso em 8 de novembro de 2024.

GTA - GRUPO TÉCNICO DE ASSESSORAMENTO. **16º Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais. Ação Civil Pública nº 93.800.533-4, Processo de Cumprimento de Sentença nº 2000.72.04.002543-9.** 2023.

HAYNES, D. D; PIERSON, C. T. **Uniferous coal and carbonaceous shale in northeast Paraná, Brazil.** Washington, D. C; 1957. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/tem/1097/report.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2024.

IAT - INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Processo nº 22.251.199-2.** 2024.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Despacho nº 02001.004682/2017-00 COEND/IBAMA.** 2017. Disponível em: https://sei.ibama.gov.br/documento_consulta_externa.php?id_acesso_externo=1769322&id_documento=129730&infra_hash=2d3b81252be81c51c8df1b4cbf932136. Acesso em: 3 de junho de 2025.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Consulta de Autuações Ambientais e Embargos.** 2025. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/areasembargadas/>. Acesso em: 2 de junho de 2025.

IMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. 2022a. **Licença Ambiental de Operação nº 6260/2022.** Florianópolis, SC. 21 de setembro de 2022. Disponível em: <https://consultas.ima.sc.gov.br/consulta>. Acesso em: 6 de março de 2024.

IMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. 2022b. **Licença Ambiental de Operação nº 6259/2022.** Florianópolis, SC. 21 de setembro de 2022. Disponível em: <https://consultas.ima.sc.gov.br/consulta>. Acesso em: 6 de março de 2024.

IMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. 2023. **Licença Ambiental de Operação nº 3993/2023.** Florianópolis, SC. 18 de setembro de 2023. Disponível em: <https://consultas.ima.sc.gov.br/consulta>. Acesso em: 6 de março de 2024.

KALKREUTH, W.; LEVANDOWSKI, J.; DELGADO, T.; SCHEFFER, R.; MAIA, S. M.; PERALBA, M. C. R.; BARRIONUEVO, S. **Evaluation of environmental impacts of the Figueira coal-fired power plant, Paraná, Brazil.** Energy exploration & exploitation, v. 32, n. 3, p. 423-469, 2014.

MANISALIDS, I.; STAVROPOULOU, E.; STAVROPOULOS, A.; BEZIRTZOGLU, E. **Environmental and health impacts of air pollution: a review.** Frontiers in public health, v. 8, p. 14, 2020.

MARTÍNEZ-TOVAR, J. G.; REBOLLAR-TÉLLEZ, E. A.; SALAS, I. F. **Seroprevalence of T. Cruzi infection in blood donors and Chagas cardiomyopathy in patients from the coal mining region of Coahuila, Mexico.** Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 56, ed. 2, p. 169-174, 2014.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PORTARIA Nº 46, DE 9 DE MARÇO DE 2007.** *Diário Oficial da União*. 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2007/portaria-n-46-2007.pdf/view>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2025.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PORTARIA Nº 203, DE 15 DE MAIO DE 2014.** *Diário Oficial da União*. 2014. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2014203mme.pdf>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2025.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PORTARIA Nº 540/GM/MME, DE 6 DE AGOSTO DE 2021.** *Diário Oficial da União*. 2021. <https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-540/gm/mme-de-6-de-agosto-de-2021-336958452>. Acesso em: 26 de setembro de 2025.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PORTARIA MME Nº 859, DE 22 DE AGOSTO DE 2025.** *Diário Oficial da União*. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mme-n-859-de-22-de-agosto-de-2025-650491537>. Acesso em: 26 de setembro de 2025.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Consulta Pública nº 194 de 22/08/2025 - Portaria de Diretrizes e Sistemática do LRCAP de 2026 - UTEs a Gás Natural, Carvão Mineral e UHEs.** Consultas Públicas. 2025b. Disponível em: <https://consultas-publicas.mme.gov.br/home>. Acesso em: 26 de setembro de 2025.

SAAD, S. **Aspectos da mineralização uranífera em Figueira-PR – Boletim nº 8.** Ministério das Minas e Energia, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Diretoria Executiva da Área Mineral, 1974.

SIECESC - SINDICATO DA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE CARVÃO MINERAL EM SANTA CATARINA. **Dados Estatísticos.** 2025. Disponível em: <https://carvaomais.com.br/dados-estatisticos/>. Acesso em: 10 de março de 2025.

SHUQAIR, S. M. S. **Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no Estado do Paraná.** 2002. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2002.

MORRONE, N.; DAEMON, R. F. Jazida de Urânio em Figueira – Paraná. In: DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. **Principais depósitos minerais do Brasil – Volume I: Recursos minerais energéticos.** Companhia Vale do Rio Doce; Departamento Nacional da Produção Mineral. 1985. Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreader-NET/DocReader.aspx?bib=PUBLICACOES_DNPM&pesq=Principais%20dep%C3%B3sitos%20minerais%20do%20Brasil%20E2%80%93%20Volume%20I. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

ONS, OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Geração de Energia.** 2025a. Disponível em: https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

ONS, OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **CVU das Usina Térmicas**. 2025b. Disponível em: <https://dados.ons.org.br/dataset/cvu-usitermica>. Acesso em: 10 de setembro de 2025.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Medida Provisória nº 1.304, de 2025**. Redução dos impactos tarifários para os consumidores de energia elétrica. Autoria: Presidência da República. Ementa: Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 12.304, de 2 de agosto de 2010, a Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e a Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/medidas-provisorias/-/mpv/169547>. Acesso em: 03 de novembro de 2025.

SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Reservas de carvão mineral do Brasil**. 2020.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **What is the efficiency of different types of power plants?** EIA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=107&t=3>. Acesso em: 29 jan. 2025.

WEISS, A. L. **Plano de fechamento de mina: Carbonífera do Cambuí Ltda.** – Figueira (PR). 2022. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_exibir.php?-tG05zycwRSK9cy6XXKcZRD6XxE1EUhgo6wz_N3cWpkrPs8QKMhj1B5TWquMQ3Z1QcHjMxvfPA-fArRKgV2AFNxSsYGTo3wwve-3m8epsjjGINSbbaPScigljFpyvG8_vV. Acesso em: 19 jan. 2023.

ARAYARA

.org

C O P P
3
0

AMAZON CLIMATE HUB

ME
MONITOR ENERGIA

**OBSERVATÓRIO DO
CARVÃO
MINERAL**



www.arayara.org



contato@arayara.org

[@arayaraoficial](#)

