

UM DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA NA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA

CÉSAR HENRIQUE MATTOS PIRES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

Introdução

Faz-se necessária a redução do aquecimento global no mundo e em Santa Catarina devido às mudanças climáticas e aos impactos ambientais que esse aquecimento causa. A geração elétrica a partir do carvão em Capivari de Baixo, SC, além dos demais impactos ambientais e humanos devido ao ciclo do carvão, não contribuirá para redução dos GEE e conseqüentemente o Brasil e Santa Catarina, como governo subnacional, não atingirão as metas já estabelecidas. Com isso, em nível de estado, uma transição energética precisa ser feita de forma justa, com revisão dos subsídios.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Criação de um diagnóstico para entender como o ciclo do carvão até a queima para geração elétrica funciona na região sul do estado de Santa Catarina, sua inserção econômica e quais impactos ambientais e humanos que essa atividade causa. O diagnóstico servirá como subsídio para o desenho e revisão de políticas públicas, além de auxiliar nas tomadas de decisões.

Fundamentação Teórica

a transição energética é principalmente apoiada pela mitigação das mudanças climáticas a fim de atingir um sistema de energia sustentável transformando os ciclos técnicos dentro de um sistema socioecológico que visa a ser mais renovável. Essa transição é um processo de longo prazo que envolve mudanças tecnológicas e socioeconômicas na geração, distribuição e uso de energia, que busca objetivo é alcançar a descarbonização e o uso de fontes renováveis, garantindo a realização de funções socioeconômicas e promovendo a justiça social e o bem-estar (GARCÍA-GARCÍA et al, 2020).

Metodologia

A obtenção das informações se deu por meio da coleta de dados quantitativos e qualitativos de fontes públicas online, incluindo bancos de dados, artigos científicos, trabalhos acadêmicos e sites institucionais. Este processo resultou em uma abordagem descritiva e robusta, que servirá como base para a análise da situação atual como subsídio à formulação de estratégias relacionadas à transição energética justa na região.

Análise dos Resultados

A região sul de Santa Catarina é a principal região de interesse no estado quando se discute TEJ – transição elétrica de combustíveis fósseis para geração por fontes renováveis considerando todos os atores envolvidos nesse processo. Alguns municípios do sul catarinense têm a sua economia em partes interligadas ao ciclo do carvão mineral até a geração elétrica. Posto isso, é necessário conhecer a população e a economia desses municípios quando se pretende fazer a TEJ.

Conclusão

Dessa forma, além dos benefícios ambientais e climáticos, uma TEJ para região também traria benefícios econômicos através de uma perspectiva mais contemporânea, diversa e sustentável para região. Assim, a partir do diagnóstico do ciclo econômico na região sul de Santa Catarina desde a lavra do carvão mineral até a queima no CTJL, é possível desenhar diretrizes e ações que possibilitam a criação de políticas públicas, ou a reforma delas, para que ocorra uma transição energética de fato na região e de forma justa.

Referências Bibliográficas

GARCÍA-GARCÍA, P. et al. Just energy transitions to low carbon economies: a review of the concept and its effects on labour and income. *Energy Research & Social Science*, [S.l.], v. 70, dez. 2020.

Palavras Chave

região sul catarinense, transição energética justa, diagnóstico

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC pela bolsa DTI-A (Processo FAPESC No: 2898/2022).

UM DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA NA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA

1. INTRODUÇÃO

O Acordo de Paris, promulgado via decreto em 5 de junho de 2017, estipula sobre a necessidade de controlar o aumento da temperatura global causado pelo aquecimento. Pelo acordo, é necessário envidar esforços para manter o aquecimento em até 1,5°C (BRASIL, 2017). Entretanto, de acordo com o 6º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) esse aumento da temperatura média mundial já se encontra em 1,1°C quando comparada com a temperatura no período pré-industrial, determinando situação de emergência climática. Para isso, o governo brasileiro comprometeu-se em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)ⁱ a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de redução de 43% em 2030, em relação aos níveis de emissões estimados para 2005 (BRASIL, 2023).

Outro acordo internacional que o Brasil faz parte é o Pacto de Glasgow, assinado durante a COP26 como uma continuidade ao Acordo de Paris. O pacto reforça que o limite máximo de aumento da temperatura média global está próximo de ser atingido, pois, durante a COP26, já estava estimado em 1,1°C. Ademais, também clama para que os países acelerem os esforços para geração elétrica limpa e para “a redução gradual da energia gerada pelo carvão sem abatimento de emissões e a eliminação gradual dos subsídios para combustíveis fósseis” (UN, 2022, tradução nossa).

O Pacto de Glasgow estimulou o debate em Santa Catarina a respeito da transição energética justa (TEJ) para região carbonífera de Santa Catarina, onde há o ciclo do carvão mineral, que vai desde a extração até a queima do carvão pelo Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL) em Capivari de Baixo. Com isso, foi aprovada no Congresso Nacional uma lei federal que cria o Programa de Transição Energética Justa e foi aprovada na Assembleia Legislativa de Santa Catarina uma lei estadual que cria a Política Estadual de Transição Energética Justa e o Polo de Transição Energética Justa do Sul do Estado de Santa (BRASIL, 2022; SANTA CATARINA, 2022a).

Apesar de essas leis abordarem o tema da TEJ na região sul catarinense, elas também continuam a incentivar o uso do carvão mineral na região e não possuem metas definidas e ousadas para diminuir o uso desse combustível fóssil obsoleto e realizar de fato a TEJ na região. Esse arcabouço legal inclusive é estudado como caso de litigância climática sobre TEJ a partir das ações de inconstitucionalidade diretas que estão no Supremo Tribunal Federal pelas ações diretas de inconstitucionalidades nº 7095 e 7332 (TIGRE et al., 2023).

Faz-se necessária a redução do aquecimento global no mundo e em Santa Catarina devido às mudanças climáticas e aos impactos ambientais que esse aquecimento causa. No estado, já há mudança nos padrões de chuva, causando eventos de estiagens. Por outro lado, há diversos eventos de chuvas extremas, causando alagamentos, deslizamento de terra, soterramento. Há também o aumento de eventos extremos climáticos como tornados, microexplosões, ciclones-bomba, entre outros, além de afetar a região costeira causando ressacas, aumento do nível do mar, erosões, aumento da temperatura e da acidez da água do mar. Todos esses efeitos afetam o dia-a-dia dos catarinenses, resultando em riscos às vidas das pessoas e à biota, bem como afetam a economia e aumentam os gastos públicos para adaptação a essas mudanças e para resolver os impactos causados por esses desastres.

Dessa forma, a geração elétrica a partir do carvão em Capivari de Baixo, SC, além dos demais impactos ambientais e humanos devido ao ciclo do carvão, não contribuirá para redução dos GEE e conseqüentemente o Brasil e Santa Catarina, como governo subnacional,

não atingirão as metas já estabelecidas. Com isso, em nível de estado, uma transição energética precisa ser feita de forma justa, com revisão dos subsídios que mantêm o ciclo catarinense do carvão em funcionamento, bem como a definição de metas para TEJ mais ousadas às que estão atualmente sendo colocadas em prática.

Assim, o primeiro passo é a criação de um diagnóstico para entender como o ciclo do carvão até a queima para geração elétrica funciona na região sul do estado de Santa Catarina, sua inserção econômica e quais impactos ambientais e humanos que essa atividade causa. O diagnóstico servirá como subsídio para o desenho e revisão de políticas públicas, além de auxiliar nas tomadas de decisões.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA

As energias renováveis são consideradas livres de carbono – eólica, hidrelétrica, solar – ou de neutros em carbono – biomassa, biocombustível. Dessa forma, a transição energética é quando recursos energéticos com maior quantidade de carbono são substituídos por recursos com menor carbono. Então, a transição energética é principalmente apoiada pela mitigação das mudanças climáticas a fim de atingir um sistema de energia sustentável transformando os ciclos técnicos dentro de um sistema socioecológico que visa a ser mais renovável – transição para sustentabilidade (GARCÍA-GARCÍA; CARPINTERO; BUENDÍA, 2020; OKAFOR et al., 2021; GÜNEY, 2019).

A mudança nesse sistema socioecológico e seus ciclos técnicos tem no trabalho o ator, na qual a força de trabalho é o elo humano entre as infraestruturas técnicas e as decisões políticas que as afetam. Quando há mudanças abruptas no decorrer dessas transições, afetando as infraestruturas econômicas regionais, normalmente há ação dos funcionários afetados e seus sindicatos. Assim, esses atores se organizam e também passam a ser recursos dos atores – normalmente os empresários do ramo – que querem manter os usos de combustíveis fósseis (PRINZ; PEGELS, 2018).

A partir das forças dos sindicatos em momentos de transições para sustentabilidade que foi adicionado justa à transição. O primeiro uso do termo transição justa partiu de sindicatos dos setores químicos e de energia nos Estados Unidos da América durante a década de 1970 e ganhou força 20 anos depois, principalmente após a RIO-92 (STEVIS; FELLI, 2015). Mais recentemente, é citado no Acordo de Paris que “tendo em conta os imperativos de uma transição justa da força de trabalho e a criação de trabalho decente e empregos de qualidade, de acordo com as prioridades de desenvolvimento nacionalmente definidas” (BRASIL, 2017).

A partir disso e da necessidade de transição energética devido às mudanças climáticas, evidencia-se a transição energética justa. Essa transição é um processo de longo prazo que envolve mudanças tecnológicas e socioeconômicas na geração, distribuição e uso de energia, que busca objetivo é alcançar a descarbonização e o uso de fontes renováveis, garantindo a realização de funções socioeconômicas e promovendo a justiça social e o bem-estar (GARCÍA-GARCÍA; CARPINTERO; BUENDÍA, 2020)

3. METODOLOGIA

Dada a conjuntura histórica, econômica, social e ambiental resultante da exploração do carvão mineral na região e a atual emergência da crise climática, que demanda uma transição energética justa, a metodologia deste estudo se pauta em uma abordagem abrangente para avaliar a situação socioambiental da região sul catarinense. Inicialmente, foi realizada um

aprofundamento pelo autor através de um levantamento bibliográfica, buscando compreender o contexto histórico da exploração do carvão e suas implicações socioeconômicas, bem como o conhecimento empírico do autor por estar inserido na Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Economia Verde que elabora políticas públicas estaduais sobre meio ambiente e mudanças climáticas e na troca com demais integrantes da secretaria.

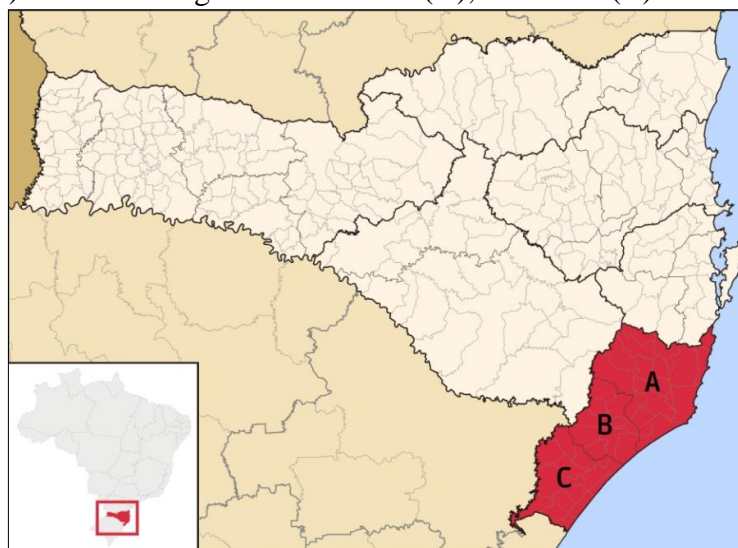
A obtenção das informações se deu por meio da coleta de dados quantitativos e qualitativos de fontes públicas *online*, incluindo bancos de dados, artigos científicos, trabalhos acadêmicos e *sites* institucionais. Este processo resultou em uma abordagem descritiva e robusta, que servirá como base para a análise da situação atual como subsídio à formulação de estratégias relacionadas à transição energética justa na região.

4. MESORREGIÃO SUL CATARINENSE

A região sul de Santa Catarina é a principal região de interesse no estado quando se discute TEJ – transição elétrica de combustíveis fósseis para geração por fontes renováveis considerando todos os atores envolvidos nesse processo. Alguns municípios do sul catarinense têm a sua economia em partes interligadas ao ciclo do carvão mineral até a geração elétrica. Posto isso, é necessário conhecer a população e a economia desses municípios quando se pretende fazer a TEJ.

Utilizando a divisão territorial de meso e microrregiões, a área principal de estudo engloba a região sul e extremo sul de Santa Catarina, chamada de mesorregião Sul Catarinense. Ela é composta por três microrregiões – Criciúma, Tubarão e Araranguá – e 46 municípios (Figura 1). Essa divisão espacial praticamente condiz com a divisão territorial intermediária de Criciúma que possui três regiões imediatas: Criciúma, Tubarão e Araranguá. Também se assemelha com três associações municipais: Associação de Municípios da Região de Laguna (AMUREL), Associação de Municípios da Região Carbonífera (AMREC) e Associação de Municípios do Extremo Sul Catarinense (AMESC). Além de se aproximar das regiões hidrográficas do Sul Catarinense e do Extremo Sul Catarinense.

Figura 1 – Mapa do estado de Santa Catarina com destaque a mesorregião sul catarinense (em vermelho) e as microrregiões de Tubarão (A), Criciúma (B) e Araranguá (C)



Fonte: Adaptado de Abreu (2006)

A população do Sul Catarinense é de 1.111.850 hab., e 67% de seus municípios possuem uma população abaixo de 20.000 hab., considerando os dados prévios do censo do

IBGE de 2022 (IBGE, 2023). O Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* médio para região é de R\$35.555,48 com um total de empregados formais em 2021 foi de 255.567, a partir dos dados disponibilizados pelo SEBRAE (2023a).

A geração elétrica no sul de estado é praticamente a partir de usinas termelétricas, responsável por uma potência outorgada de aproximadamente 831.612,56 kW, que representa 90,45% da geração elétrica. Quando comparado com o estado de Santa Catarina, a presença da geração termelétrica cai para 21,60%.

4.1 MICRORREGIÃO DE TUBARÃO

Região mais ao norte da mesorregião sul catarinense (Figura 1), a microrregião de Tubarão é composta por 20 municípios: Armazém, Braço do Norte, Capivari de Baixo, Garopaba, Grão-Pará, Gravatal, Imaruí, Imbituba, Jaguaruna, Laguna, Orleans, Pedras Grandes, Pescaria Brava, Rio Fortuna, Sangão, Santa Rosa de Lima, São Ludgero, São Martinho, Treze de Maio e Tubarão.

Essa microrregião consta com uma população aproximada de 440 mil habitantes com um Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de aproximadamente R\$35.360,00. O município-polo é Tubarão com uma população de 114.389 hab. (IBGE, 2023) e a economia do município é diversificada e focada principalmente em comércio e serviços, além de agronegócios e indústria cerâmica (SEBRAE, 2023a).

Outros municípios de destaque são Laguna (41.269 hab.), Imbituba (54.258) e Capivari de Baixo (22.873). Economia de Imbituba é focada principalmente em comércio e serviços com destaque para atividade do turismo. Ligada à Ferrovia Tereza Cristina, esse município também abriga o Porto de Imbituba, empresa mista do estado de Santa Catarina. Por outro lado, Laguna possui sua economia focada na exploração dos recursos pesqueiros e no turismo de praia e sol e histórico. Por fim, Capivari de Baixo é um município pertencente à região metropolitana de Tubarão. Ele abriga o maior complexo termelétrico a carvão mineral da América Latina, Jorge Lacerda, que administrada pela iniciativa privada.

4.2 MICRORREGIÃO DE CRICIÚMA

Localizada na região central da mesorregião (Figura 1), a microrregião de Criciúma possui aproximadamente 451.300 hab. com um PIB *per capita* médio de cerca de R\$41.400,00. Essa microrregião é composta por 11 municípios: Balneário Rincão, Cocal do Sul, Criciúma, Forquilha, Içara, Lauro Müller, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Siderópolis, Treviso e Urussanga.

Com metade da população da microrregião, o município-polo Criciúma possui uma população aproximada de 230.000 hab. e sua economia é focada principalmente no setor de serviços e em microempresas. O desenvolvimento se deu a partir exploração do carvão mineral da região, tendo sua indústria mais focada na produção de cerâmica. Essa estrutura econômica da região reflete nos demais municípios da microrregião de Criciúma.

4.3 MICRORREGIÃO DE ARARANGUÁ

Essa microrregião possui 15 municípios, totalizando uma população próxima de 220.654 hab. e um PIB *per capita* médio de R\$31.524,53. Os municípios que a compõe é Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota, Ermo, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Passo de Torres, Praia Grande, Santa Rosa do Sul, São João do Sul, Sombrio, Timbé do Sul e Turvo. Araranguá é seu município-polo e possui uma população de 72.138 hab.

Sua economia é baseada em agricultura, sendo o cultivo de arroz o mais representativo, além do cultivo de mandioca e fumo. Também se destaca a indústria cerâmica, produção de móveis e confecção, bem como o turismo.

5. CICLO DO CARVÃO MINERAL EM SANTA CATARINA

A exploração do carvão mineral em Santa Catarina iniciou-se no final do século XIX por uma empresa britânica. Porém, devido à baixa qualidade, o desenvolvimento da indústria foi inexpressivo. Durante a Primeira Guerra Mundial, a exploração foi retomada a partir de empresas nacionais, como a Companhia Carbonífera Urussanga (1918) e a Companhia Carbonífera Próspera (1921). Após esse período, foi criada a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) no governo de Getúlio Vargas (KOPPE; COSTA, 2008).

Entre 1940 e 1960, pequenos produtores foram os que mais lavraram o carvão da região. Após a década de 60, a quantidade de empresas, geralmente de empresários locais, diminuiu para 11, quando voltou a aumentar novamente a partir da crise do petróleo de 1973. Posteriormente, na década de 90, uma crise na atividade de mineração da região ocorreu devido à desregulamentação do carvão (KOPPE; COSTA, 2008).

O carvão mineral é explorado em Santa Catarina há mais de 100 anos. A seguir, nesta seção, serão apresentadas as características desse carvão mineral explorado na mesorregião sul catarinense, seu ciclo de extração, beneficiamento, insumos e subprodutos. Além de apresentar a forma de transporte e o seu destino, bem como informações sobre os empregados formais da exploração do carvão mineral na região.

5.1. EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO

O carvão mineral é uma rocha sedimentar complexa e com uma variada mistura de componentes orgânicos fossilizados há milhares de anos. Formado a partir vegetação pré-histórica acumuladas em pântanos e regiões lodosas que foram cobertos por sedimentos, essa formação, com o passar do tempo, sofreu o efeito da carbonização. Esse efeito é o aumento de temperatura e pressão favorecendo a expulsão de hidrogênio e oxigênio, tornando esse composto rico em carbono (COSMO et al., 2020). Carvão mineral de Santa Catarina é considerado de baixa qualidade, classificado como sub-betuminoso, tendo menor concentração de betume, alta concentração de cinzas e um baixo teor de carbono. O carvão mineral catarinense também possui alto teor de enxofre (0,5–10%) quando comparadas com os provenientes dos EUA e do Reino Unido (1–2% e 1–5%, respectivamente) (SAMANIEAGO, 2011). Isso ocorre devido à idade do carvão da região, com sua formação iniciada a um período inferior a 250 milhões de anos. Além disso, o carvão mineral formou-se a partir de matérias orgânicas advindas de áreas alagadas rasas.

Em Santa Catarina, o carvão mineral extraído nos municípios da Região Carbonífera de Santa Catarina ocorre praticamente para ser queimado nas caldeiras do CTJL. Segundo o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SieceSC), o estado de Santa Catarina lavrou aproximadamente 6 milhões de toneladas de carvão bruto – também chamado de ROM (do inglês Run-of-Mine) – em 2021. Esse valor representa cerca da metade de todo o carvão lavrado no Brasil (SIECESC, 2023).

Esse carvão é extraído na Bacia Carbonífera Sul Catarinense, com aproximadamente 100 km de comprimento e 20 km de largura em média. Essa bacia, parte da formação Rio Bonito, é dividida em 12 camadas. Devido à profundidade das camadas, a lavra do carvão mineral em Santa Catarina é principalmente subterrânea, agregando um maior custo ao produto final. O método mais tradicional encontrado em lavra subterrânea é de câmaras e pilares. Esse método é

em depósitos com camadas horizontais ou levemente inclinadas nos quais o teto é sustentado primeiramente por pilares naturais. O carvão é extraído a partir de câmaras retangulares deixando partes do carvão entre as câmaras como pilares para sustentar o teto. (KOPPE; COSTA, 2008, p. 30).

A lavra consiste em furar a camada de carvão com máquinas denominadas de perfuratrizes de frente, onde são colocados explosivos, que detonados desmontam o carvão na frente de lavra, após a saída dos gases gerados na detonação, as máquinas de produção (carregadeiras e caminhões baixos) carregam o carvão até as correias transportadoras por onde o carvão é levado até a superfície. (COSMO et al., 2020, p. 5).

Outro fator que aumenta o custo do produto final é a composição do carvão. Em Santa Catarina, o carvão extraído precisa passar pelo processo de beneficiamento para reduzir o enxofre e a matéria orgânica em geral, reduzindo assim a quantidade presente no carvão de pirita – que é poluente e corrosivo. O beneficiamento do carvão é realizado diretamente pelas empresas mineradoras.

Durante o processo de beneficiamento, 65% do volume do carvão ROM são cinzas (rejeitos) e 5%, de enxofre. Os rejeitos são geralmente formados por pirita, sem valor de venda, e geralmente são dispostos em pilhas junto com o estéril. Já os produtos vendáveis são compostos por finos, utilizado na indústria cerâmica e de coque, e em carvão energético.

A partir dos dados estatísticos disponibilizados pela SieceSC, foram extraídos 6,17 milhões de toneladas de carvão ROM em Santa Catarina. Dessa quantidade, apenas 2,21 milhões de toneladas (35,80%) foram beneficiados em carvão energético e 0,16 milhões de toneladas em finos (2,45%). Isso resulta em 3,80 milhões de toneladas de rejeitos (61,75%). Em relação ao carvão energético, 91,6% foram do tipo CE 4500, utilizado no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.

O carvão beneficiado chamado de CE 4500 é usado na maioria das termelétricas, inclusive a CTJL. CE 4500 significa Carvão Energético de 4500 kcal/kg, com queima entre 1.200°C e 1.400°C. Esse tipo de carvão beneficiado continua com baixa qualidade, produzindo muito rejeito quando beneficiado e produzindo cinza durante a sua queima, em torno de 40% do CE 4500 (BROWN, 2011). Devido a sua baixa qualidade, as empresas carboníferas fazem o beneficiamento do carvão mineral ou mistura com carvão mineral já beneficiado de jazidas diferentes. Assim, obtém um carvão que pode ser utilizado nas usinas termelétricas, além de respeitar as leis ambientais – Resoluções CONAMA n° 005/89 e 003/90 (CARNIATO, 2005).

5.2. TRANSPORTE

O transporte do carvão mineral CE 4500 entre as mineradoras e o CTJL se dá via caminhão e, majoritariamente, pela Ferrovia Tereza Cristina (FTC). Não há um levantamento do número de caminhões e os funcionários envolvidos nessa demanda de transporte. Entretanto, conforme a própria FTC, há um total de 131 funcionários e 153 funcionários de empresas parceiras envolvidos nos transportes da FTC.

Essa empresa, que tem concessão desde 1997 para operar no sul catarinense, possui 13 locomotivas englobando 279 vagões. Sua malha é de 164 km, considerada a menor ferrovia do Brasil, além de ser isolada das demais ferrovias. Ela é dividida em linha tronco (Imbituba–Criciúma) e três ramais (Tubarão–Oficinas, Explanada–Urussanga e Criciúma–Siderópolis), percorrendo 14 municípios: Siderópolis, Criciúma, Cocal do Sul, Forquilha, Içara, Urussanga, Morro da Fumaça, Sangão, Jaguaruna, Tubarão, Capivari de Baixo, Pescaria Brava, Laguna e Imbituba (FTC, 2023).

A empresa transporta majoritariamente o carvão mineral da região carbonífera ao CTJL desde o início da sua concessão, totalizando valores acima de 95% do tudo que foi transportado pelas suas locomotivas – mais de 67 milhões de toneladas de carvão mineral.

Nas últimas décadas, houve o interesse das empresas da região que produzem cerâmica em usar a ferrovia como transporte de seus produtos até o porto de Imbituba. Apesar do interesse e de existir esse transporte de cerâmica, ele é considerado de pequena escala, tendo a ligação carboníferas–CTJL como a principal demandante do transporte realizado pela FTC.

5.3. COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA

O CTJL é uma usina termelétrica localizada no município de Capivari de Baixo, em Santa Catarina, Brasil. A construção da usina começou na década de 1960 durante o governo militar no Brasil quando Capivari de Baixo ainda pertencia ao município de Tubarão. A última usina foi construída em meados da década de 1990. Esse complexo foi de origem estatal e passou a ser de iniciativa privada em 2002, sendo controlada pela empresa francesa Engie (Tractebel). Em 2021, a Engie vendeu o complexo para Fram Capital, empresa de investimentos em São Paulo, e é administrada pela Diamante Energia. Segundo o *site* da empresa, o CTJL contrata 350 funcionários diretos.

O CTJL gera energia elétrica a partir da combustão de carvão mineral, um combustível fóssil não renovável advindo da região carbonífera catarinense, localizada ao sul do CTJL. O complexo é composto por quatro usinas compostas por sete unidades geradoras. A primeira usina – Usina Termelétrica Jorge Lacerda A (UTLA) – é composta por quatro unidades geradoras: as duas primeiras unidades foram construídas entre 1965 e 1966 com 50 MW de capacidade cada e as outras duas foram construídas entre 1973 e 1974, com 66 MW de capacidade cada. A segunda usina – Usina Termelétrica Jorge Lacerda B (UTLB) – é composta por duas unidades geradoras de 131 MW cada e foi construída entre 1979 e 1980. Já a última usina – Usina Termelétrica Jorge Lacerda C (UTLC) – foi construída em 1996 e é composta com uma única unidade geradora de 363 MW de capacidade instalada. Isso totaliza uma capacidade instalada de 857 MW no CTJL e possui a concessão emitida pela ANEEL durante 30 anos, até 28 de setembro de 2028. Demais características constam na Tabela 1.

O sistema da geração elétrica no CTJL é semelhante em todas as usinas, tendo as partes principais dessa usina: turbina, caldeira e gerador. O processo se dá na queima do combustível para gerar energia térmica. Consequentemente, essa energia é transferida para turbina na forma de energia mecânica. Através da turbina, essa energia mecânica movimenta eixo ligado ao gerador elétrico, transformando em energia elétrica (DIAMANTE, 2020a).

Na sua operação, o CTJL necessita captar água de dois rios próximos para utilizar no sistema aberto de resfriamento (UTLA e UTLB), repor o sistema fechado de resfriamento (UTLC), bem como para a produção de água industrial, o sistema anti-incêndio, entre outros usos. O complexo também utiliza esses rios para descarte de influentes utilizados no processo (DIAMANTE, 2020a). Os dois rios utilizados são o Rio Tubarão e o Rio Capivari, ambos pertencentes à região hidrográfica do Rio Tubarão.

O principal combustível da CTJL é o carvão beneficiado CE 4500, lavrado e beneficiado na região carbonífera de Santa Catarina. O combustível é transportado dessa região até o CTJL pela Ferrovia Tereza Cristina. No complexo, o carvão é queimado gerando eletricidade que é distribuída através do Sistema Interligado Nacional (SIN). Entretanto, a partir dessa queima, outros subprodutos são produzidos, como o GEE, gases poluentes e cinzas, além de causar outros impactos ambientais e humanos.

Foi consumido em 2019 cerca de 2,5 milhões de toneladas de carvão mineral para a produção de aproximadamente 4 milhões de MWh. Desse montante de carvão, em média,

enxofre compõe 2%, o teor de cinza foi de 44% e a umidade total de 9,8% (DIAMANTE, 2020a).

Além do carvão CE 4500, eventualmente são usados combustíveis líquidos para auxiliar a queima do carvão no momento do aquecimento da caldeira ou quando há instabilidade durante a combustão do carvão. Esses combustíveis permitem um melhor controle da situação com menor quantidade, além de ter uma queima mais rápida do que a do carvão. Os combustíveis fósseis utilizados são o óleo diesel e o óleo combustível. Ambos os combustíveis são utilizados na UTLA, enquanto as usinas UTLB e UTLC usam apenas óleo diesel.

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) fornece informações como a quantidade do carvão mineral e dos combustíveis secundários (óleo diesel e óleo combustível) utilizada, gerações bruta e líquida, entre outros. Na Tabela 2, é apresentado o consumo dos combustíveis e as gerações na CTJL entre 2019 e 2022.

Considerando o consumo informado pela CCEE e o divulgado pela Diamante (2020a), houve um consumo aproximado em 2019 e 2022, com um leve aumento em 2020 e um pico de consumo em 2021 devido à crise hídrica no país. Em 2022, apesar do menor consumo de carvão mineral, menor geração elétrica e menor consumo interno, esse ano foi o que teve o maior reembolso CDE do carvão mineral. Também é possível notar uma maior utilização de óleo diesel do que óleo combustível, que influencia também no valor do subsídio Reembolso CDE.

A respeito do consumo interno e/ou das perdas da CTJL, é possível notar um padrão de em torno de 400 MWh (~10% da geração interna) em 2020 e 2021. Entretanto, em 2022, essa medição chegou acima de 1000 MWh, totalizando cerca de 32% de toda geração bruta do complexo.

Devido à idade das usinas, variando entre 58 e 27 anos, além dos tipos de combustível utilizado, é possível afirmar que a tecnologia aplicada nessa geração elétrica já está obsoleta e traz mais ônus do que bônus para a sociedade em geral. Essa indústria, no entanto, continua de pé devido à interferência governamental a partir dos subsídios, que será demonstrado no capítulo 4.

5.4. TRABALHADORES FORMAIS

Um dos elementos ligados à TEJ é em ser justa para todos e em não deixar ninguém para trás. Isso inclui principalmente os trabalhadores diretos e indiretos da economia do ciclo do carvão em SC. Esse ciclo envolve a extração e beneficiamento do carvão, o transporte e armazenamento, a geração elétrica pelo carvão mineral e a distribuição. Dessa forma, todos os trabalhadores do ciclo do carvão devem fazer parte da construção da transição energética justa, sendo ouvidos e respeitando suas escolhas.

Para isso, foram necessários um levantamento e a caracterização dos empregados no setor carbonífero de Santa Catarina. Segundo o DIEESE (2022), esse setor possui 2569 funcionários em 2019, sendo 2464 atuando na extração do carvão e 105, no beneficiamento. Os salários médios foram de R\$3943,54 e R\$3418,19, respectivamente.

De acordo com o RAIS, 2021 finalizou com 157 funcionários empregados no beneficiamento do carvão mineral, distribuídos entre Criciúma (37), Forquilha (34) e Siderópolis (89), com um salário médio de R\$3580,63 ($\sigma = R\$1171,61$). Já para a extração do carvão, o setor finalizou 2021 com 2335 funcionários com salário médio de R\$4262,35 ($\sigma = R\$2426,33$). A maioria dos empregados está alocada em Treviso (1050) e Lauro Müller (962). Isso representa 26,2% e 6,2% da população, respectivamente. O perfil dos empregados é geralmente masculino, branco, com ensino médio completo e idade variando entre 32 e 40 anos (SEBRAE, 2023b).

Uma estimativa de funcionários no ciclo do carvão mineral é considerar número de funcionários na extração do carvão mineral e o seu beneficiamento, e adicionar os funcionários diretos na FTC, de 131 trabalhadores, e no CTJL, de 350. Isso totaliza cerca de 3050 de trabalhadores formais diretos no ciclo do carvão mineral até a queima para geração elétrica.

6. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A exploração do carvão que ocorre há décadas na região sul de Santa Catarina trouxe desenvolvimento para região, entretanto também trouxe negativos impactos socioambientais. O ciclo do carvão desde sua lavra até a sua queima causa impactos e poluição tanto em níveis locais quanto em níveis regionais e globais, por isso é considerada uma fonte energética não renovável, altamente poluente – a mais poluente – e obsoleta.

Além das consequências dos impactos ao meio ambiente e à saúde da população, essa lavra do carvão em SC obrigou que diversas famílias mudassem de suas terras para deixar o espaço para a exploração do carvão mineral. Com advento de novas tecnologias, houve a redução na mão de obra empregada no setor. Essa falta de emprego resultou em menor renda e obrigou as famílias a ocuparem as áreas de risco que resultaram da lavra (SILVA; FERREIRA, 2015). Outras consequências sociais geradas no setor são as costumazes ocorrências de acidentes de trabalho que ocorreram e ocorrem nas atividades laborais da lavra do carvão mineral, alguns desses acidentes resultando em mortes.

Em relação aos impactos ambientais, a exploração do carvão mineral ocasiona impactos negativos no solo, nos recursos hídricos – de superfície e subterrânea – devido à drenagem ácida e liberação de metais pesados, contaminando o lençol freático, causando desequilíbrio na vida aquática e, conseqüentemente, ocasionando perda desse recurso não renovável.

A extração mineral em Santa Catarina é majoritariamente subterrânea. Durante a mineração de carvão em subsolo, há diversos aspectos significativos a serem considerados. Um dos principais é a alteração no regime das águas superficiais e subterrâneas por causa das operações de extração do minério. As detonações podem causar fraturas nas rochas do teto e do piso das galerias da mina, permitindo a entrada de água no interior da mina. A modificação do solo ocasiona na dispersão de metais pesados, a perda ou destruição dos solos férteis na superfície, além de causar assoreamento, impermeabilização e/ou erosão do solo, resultando em inundações e impactando diretamente a agricultura, bem como leva à degradação da paisagem e do ecossistema em geral (SILVA; FERREIRA, 2015).

Além disso, a emissão de gás metano (CH₄) é uma característica marcante da mineração de carvão. O metano é liberado durante o processo de formação geológica do carvão, se acumulando nas fraturas e poros. Sua liberação para a atmosfera ocorre tanto durante a extração quanto no armazenamento do material. Além do CH₄ disponibilizado principalmente durante a extração do carvão, há também a disponibilização de gases poluentes, como óxidos de enxofre (SO_x), óxidos nitrosos (NO_x) e material particulado (cinzas volantes) (TORREZANI; OLIVEIRA, 2013), que causam chuvas ácidas e doenças respiratórias.

6.1. EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO

O processo de extração, entretanto, resulta em carvão bruto onde se aproveita aproximadamente 30% do que foi extraído, enquanto os 70% restantes são rejeitos com alto teor de enxofre que contribuem para um dos principais problemas da mineração: a geração de

drenagem ácida. A disposição adequada desses rejeitos evita impactos negativos no solo, no ar e na água.

Durante a extração, ocorre a geração de drenagem ácida, que é bombeada para a superfície e utilizada no beneficiamento do carvão. Posteriormente, é direcionada para as bacias de decantação de resíduos sedimentáveis e, em alguns casos, pode ser reutilizada no processo. Em seguida, a água é tratada e encaminhada para o corpo receptor. Cada empresa possui sua própria planta de beneficiamento, com particularidades específicas. Durante esses processos, são utilizadas suspensões de carvão em água, sendo que a água utilizada é proveniente da etapa de lavra. Algumas empresas, no entanto, adotam circuitos de beneficiamento fechados, permitindo a reutilização da água após a captura dos finos nas bacias de decantação. Durante a etapa de beneficiamento, aspectos como ruídos, vibrações e poeiras são mencionados como características presentes.

O beneficiamento do carvão, através principalmente da separação densitária e da lavagem, gera um passivo ambiental considerável, especialmente devido à exposição dos sulfetos presentes no carvão a agentes oxidantes. Os impactos ambientais mais significativos decorrentes das etapas de extração e beneficiamento do carvão estão relacionados à disposição de resíduos sólidos – estéreis e rejeitos. Esses resíduos contêm minerais sulfatados que contribuem para a formação de drenagens ácidas, resultando na liberação de metais bioacumulativos e tornando as águas inadequadas para uso doméstico e agropecuário. Em presença de ar e água, os estéreis e rejeitos ricos em sulfetos de ferro (FeS_2) oxidam-se, desencadeando o processo de acidificação das drenagens, que pode ocorrer em minas em operação ou abandonadas (SOUZA et al., 2012).

A pirita é a principal fonte de FeS_2 , sendo encontrada com outros minerais e diferentes tipos de formações geológicas. Ao ser exposta à água ou ao ar, pode formar ácido sulfúrico. Pode causar combustão ao oxidar, sendo mais um integrante da formação de chuvas ácidas (SOUZA et al., 2012).

A ACP do Carvãoⁱⁱ levantou que, em sua 5ª campanha realizada em 2017, ainda havia um total de área impactada de aproximadamente 6,5 mil hectares no qual cerca de 5,7 mil hectares (88%) são considerados passivos ambientais. Dentre os passíveis ambientais, em torno de 0,8 mil hectares são compostos por rejeitos e estéril exposto. A maior porção das áreas de passíveis ambientais é classificada como vegetação introduzida (45,7%). No entanto, algumas áreas apresentam plantações de eucaliptos que, quando removidos, voltam a expor rejeitos e estéril.

Outro aspecto abordado pela ACP do Carvão são as minas abandonadas. Há bocas de minas abandonadas que continuam a contribuir para a drenagem ácida na região, contaminando diretamente o recurso hídrico da região. Segundo Franzen et al. (2021), foram identificados 768 pontos de bocas de mina abandonadas, nos quais 392 são categorizadas como abertas, 359 como fechadas e 17 como recuperadas 9).

Em relação ao monitoramento dos rios encontrados nas bacias hidrográficas de Araranguá, Urussanga e Tubarão, a ACP do Carvão monitorou aproximadamente 72,4% dos rios, equivalente a 14,6 mil km. Dessa parte monitorada, 8,5% dos rios foram considerados impactadas, onde 830,4 km apresentam pH inferior a 4,5, impedindo o desenvolvimento de organismos aquáticos. Quando consideramos a acidez total, é possível indicar se aquela região está sofrendo influência das atividades do carvão mineral. De toda região monitorada, 42,2% (526,6 km) dos trechos de rios analisados – e que estão sendo impactados – apresentam condição ruim (acidez total ≥ 120 mg/L).

Junto com a lixiviação do solo, a drenagem ácida, carregada de metais pesados e outros compostos tóxicos, podem alcançar o lençol freático, criando um problema grave e duradouro. Nessa região, há a presença do Sistema de Leques Aluviais, muito vulnerável

devido à sua subsuperficialidade e facilmente realimentado pelas águas superficiais contaminadas. Esse sistema é um importante reserva de água doce na região.

As pilhas de rejeitos e estéril sem um devido processo de recuperação na região continuam a contribuir para drenagem ácida na região, impactando o recurso hídrico e afetando as populações. Rejeitos e estéreis são produtos resultantes da extração e do beneficiamento do carvão mineral sem valor comercial, os rejeitos oriundos do beneficiamento e o estéril produzido durante a extração por muito tempo foram descartados em pilhas e sem uma gestão correta de seus impactos

6.2. TRANSPORTE DO CARVÃO

Os principais impactos causados pelo transporte do carvão mineral pela FTC ocorrem devido ao tráfego adicional pela passagem das locomotivas. Também acarreta impacto sonoro, poeiras, além da utilização de madeira e brita para manter os trilhos da via férrea. Insumos fósseis também são utilizados para o funcionamento dos trens (SOUZA; GOMES, 2009).

Além disso, junto com os gases poluentes ocasionados pelo próprio carvão mineral durante o transporte, também há o uso do óleo diesel como combustível dos motores das locomotivas. Os principais GEE e gases poluentes emitidos nessa parte do setor são o CO₂, monóxido de carbono (CO), NO_x, compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), além dos materiais particulados (ANTT, 2012).

6.3. QUEIMA DO CARVÃO

A utilização de carvão mineral para geração elétrica já é considerada obsoleta, sendo a fonte energética mais com o uso mais desencorajado. Além disso, há um incentivo ao descomissionamento das usinas termelétricas a carvão mineral para que as metas do Acordo de Paris sejam alcançadas. Como comparação, Capivari de Baixo, com aproximadamente 23 mil hab., emite 3,8 vezes mais dióxido de carbono equivalente (CO_{2e})ⁱⁱⁱ que a maior cidade catarinense – Joinville, com 618 mil hab. Dessa forma, Capivari de Baixo, devido à presença do CTJL, é considerada a cidade que mais emite CO_{2e} por área do Brasil, além de ser o município que mais emite em valores absolutos da região sul do Brasil (SEEG, 2023).

Em Capivari de Baixo, o subsetor de Geração de Eletricidade responde por 97,6% de toda emissão do município, mais de 4,4 mi tCO_{2e}. Esse subsetor do município representa 8,68% de toda emissão do estado de Santa Catarina, com cerca de 7,7 mi hab., considerando todos os setores e subsetores (SEEG, 2023).

Os maiores consumos de combustível pelo CTJL foram em 2012–2015 e 2021. Isso reflete na estimativa de CO_{2e} emitido nesses anos. De 2012–2015, as emissões ficaram acima de 5 milhões de tCO_{2e} por ano, considerando apenas a queima do carvão CE 4500. Em 2021, a emissão foi de 4,8 milhões de tCO_{2e}. Além disso, a quantidade de emissão de GEE por geração elétrica do CTJL é alta, emitindo 8,7% dos GEE e gerando 5% da eletricidade em 2022 quando comparado com demais usinas termelétricas (IEMA, 2022b).

Dessa forma, devido à alta emissão de CO_{2e} pelo CTJL, é necessário pensar uma forma de mitigar essa emissão para que os acordos de redução de emissão assinados por Santa Catarina e pelo Brasil sejam alcançados, como consta em diretriz da Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (2009).

Ademais, o CTJL, no qual é realizada a queima de praticamente todo carvão lavrado em Santa Catarina, é um complexo termelétrico antigo e possui uma tecnologia ultrapassada. Por estar obsoleto, há uma grande produção de cinzas ao queimar esse carvão, que muitas vezes são disseminadas pela região, além de deteriorar de forma célere os equipamentos da usina (ARAYARA, 2021). Além das cinzas dispersadas pela atmosfera, elas são depositadas

em bacias de sedimentações que podem ocasionar poluição. De forma semelhante, os pátios onde são estocados os carvões para uso também podem resultar em poluição (DIAMANTE, 2020b).

Além das cinzas produzidas, produz outros tipos de gases poluentes. O NO_x é um gás poluente emitido por qualquer tipo de usina termelétrica; enquanto o MP e o SO_x são mais emitidos por usinas termelétricas que utilizam carvão mineral, como o CTJL. O NO_x auxilia na formação de chuvas ácidas e de partículas finas, além de causar danos florestais e poluição visual. Ele também pode formar ozônio – um gás tóxico quando na troposfera. O CTJL, que emitiu em média 14 mil t NO_x por ano na última década, tornou o município de Capivari de Baixo o município com usina termelétrica que mais emitiu esse gás. Em relação aos óxidos de enxofre, CTJL emite em média mais de 105 mil t SO_x ao ano. SO_x também é responsável pela formação das chuvas ácidas, além da formação dos sulfatos, que afetam tanto a natureza quanto edificações e outras estruturas.

6.4. IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA

Além dos impactos causados na atmosfera, na água e no solo, essa influência também é novíça à saúde humana, tanto direta como indiretamente. Existem doenças já relacionadas diretamente à atividade da mineração, como pneumoconiose, problemas psíquicos emocionais, bronquite, asma, reumatismo, lombalgias e dermatites (ARAYARA, 2021; QUEIROZ, 2020).

Além disso, gases tóxicos são liberados na atmosfera, contendo metais nocivos à saúde. Isso ocorre durante todo o ciclo de exploração econômica do carvão, incluindo a decomposição de pirita em pilhas de rejeitos. Esses gases têm um impacto direto na qualidade do ar, podendo causar doenças respiratórias e afetar a qualidade de vida das comunidades próximas às áreas de mineração. Alguns problemas de saúde relacionados à dispersão de poluentes advindos do ciclo econômico do carvão são (TORREZONI; OLIVEIRA, 2013):

- Óxidos nitrosos (NO_x) – pode causar edemas e danos no sistema respiratório. Ademais, a sua solubilização durante a respiração é fácil, podendo originar substâncias que provocam câncer, como nitrosaminas;
- Monóxido de carbono (MO) – por ser se ligar mais facilmente com as hemácias, o CO compete contra o gás oxigênio. Esse gás tóxico causa asfixia e diminui consideravelmente a concentração de O_2 nos organismos;
- Dióxido de enxofre (SO_2) – causa irritabilidade e provoca problemas como bronquite crônica e resfriados, além de afetar o sistema imunológico;
- Material particulado (MP) – esse material, principalmente os menores e inaláveis (PM10), afetam as árvores bronquiolares durante a respiração. Isso tem o poder de intensificar as consequências que podem ocorrer ao respirar gases poluentes. Além disso, essas partículas finas adsorvem SO_2 e, juntamente com o a umidade, resultam em partículas ácidas que afetam a saúde humana;
- Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) – a constante absorção via respiração por humanos do H_2S pode afetar o sistema nervoso central e respiratório.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do índice de transição energética medido pelo Fórum Econômico Mundial Banco Mundial, o Brasil apresentou um índice estável na última década, ocupando a posição 30 em uma lista de 115 países (FEM, 2021). Um motivo que poderia melhorar a colocação do Brasil nesse índice seria o arcabouço legal a partir de leis federal e estadual em 2020 sobre uma TEJ no sul catarinense. Esse arcabouço, entretanto, não representa uma transição

energética justa para região de fato, pois não apresenta objetivos claros e mais audaciosos para sua realização, ainda mais se considerarmos a emergência climática atual. Além disso, essa legislação é utilizada como exemplo do único caso de litigância sobre o tema na América Latina que incentiva o uso do combustível que diz estar tentando eliminar (TIGRE et al., 2023).

A exploração econômica do carvão mineral na região é secular, fazendo parte da construção sociocultural das pessoas do sul catarinense. Mais ainda, esse ciclo de exploração do carvão gera em torno de três mil empregos formais diretos e possivelmente 12 mil empregos indiretos, bem como traz aos municípios retornos econômicos e compensações financeiras pela sua exploração.

Esse ciclo, contudo, resultou/resulta impactos socioambientais tanto em nível local quanto global. Dentre esses impactos, os gases poluentes emitidos nesse ciclo contribuem para poluição local, produzindo chuvas ácidas, acidificando o solo e os sistemas d'águas, causando doenças respiratórias. Enquanto as emissões de GEE contribuem para o aquecimento global e, conseqüentemente, intensificam as mudanças climáticas.

Apesar dos retornos econômicos, há gastos na mitigação e na adaptação devido às mudanças climáticas e gastos com problemas de saúde da população e há também a geração de diversos passíveis ambientais, que estão há décadas sem resoluções. Além disso, essa indústria só sobrevive a partir de subsídios que os governos federal e estadual possibilitam.

Dessa forma, os gastos públicos com subsídio para manter essa indústria, além dos custos sociais por emissão de GEE para adaptar e mitigar, os passivos ambientais e gastos devido aos problemas de saúde dos locais, fariam com que o investimento para que ocorra uma TEJ, compensando tanto pela questão ambiental quanto por uma questão financeira.

Essa transição energética no Brasil e, principalmente, em Santa Catarina teriam menores custos devido à menor dependência elétrica do carvão que muitos outros países. O Banco Mundial estimou um custo aproximado de R\$60 milhões com a desativação para todas as usinas a partir do carvão no Brasil. Junto com esse gasto, há uma estimativa de R\$1,4 bilhão com transferências econômicas para os custos sociais para que seja justa esta transição (BANCO MUNDIAL, 2023).

Como comparação, apenas os gastos com um subsídio nos últimos 10 anos foram de mais de R\$9 bilhões. Além disso, há um custo por tonelada de carbono emitido chamado de custo social do carbono que, em 2015, foi estimado em U\$45 por tonelada de CO₂ para o Brasil (KOTCHEN, 2015). Se considerarmos os 50 bi de toneladas de CO₂e desde 2012 emitidos apenas pela queima direta de combustível no CTJL, esse custo social seria acima dos U\$200 bilhões por ano na última década.

Dessa forma, além dos benefícios ambientais e climáticos, uma TEJ para região também traria benefícios econômicos através de uma perspectiva mais contemporânea, diversa e sustentável para região. Assim, a partir do diagnóstico do ciclo econômico na região sul de Santa Catarina desde a lavra do carvão mineral até a queima no CTJL, é possível desenhar diretrizes e ações que possibilitam a criação de políticas públicas, ou a reforma delas, para que ocorra uma transição energética de fato na região e de forma justa.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. F. Map locator of Santa Catarina's Sul Catarinense mesoregion. 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_de_Santa_Catarina#/media/Ficheiro:SantaCatarina_Meso_SulCatarinense.svg Acesso: 01 set. 2023.

ANNT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas**–Relatório Final. 2012.

ARAYARA. **Brasil: O legado tóxico da Engie Diamante Fram Capital**. Curitiba: Arayara. 2022.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o clima e desenvolvimento para o país**. Washington: Banco Mundial, 2023.

BRASIL. **Decreto nº 9073, de 5 de junho de 2017**. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, [...]. Brasília, DF, 2017.

Brasil. **12º Relatório de Indicadores Ambientais**. GT de Assessoramento da Ação Civil Pública nº 93.8000533-4. 2019. Disponível em: www.acpdocarvao.com.br. Acesso em: 18 maio 2023.

BRASIL. **Lei nº 14299, de 5 de janeiro de 2022**. Altera as Leis nºs 10.438, de 26 de abril de 2002, e 9.074, de 7 de julho de 1995, para instituir subvenção econômica às concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica de pequeno porte; cria o Programa de Transição Energética Justa (TEJ); e dá outras providências. Brasília, DF, 2022.

BRASIL. **Acordo de Paris**. Brasília, DF: Ministério Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-ndc/acordo-de-paris>. Brasília, DF, 2023. Acesso em: 27 fev. 2023.

CARNIATO, Antônio. **Planejamento da produção e mistura de carvão mineral**: programação matemática e estudo de caso. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Ctc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

COSMO, Bruno Marcos Nunes *et al.* Carvão mineral. **Revista Agronomia Brasileira**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 1-10, 17 mar. 2020.

DIAMANTE. **Relatório anual de monitoramento ambiental**: ctjl-ceut-anual-2019. Capivari de Baixo: Engie, 2020a. 91 p. Complexo Termelétrica Jorge Lacerda.

DIAMANTE. **Relatório anual de atendimentos às condicionantes da LAO 202/2018**: ano 2019. Capivari de Baixo: Engie, 2020b. 275 p. Complexo Termelétrica Jorge Lacerda.

DIEESE. **Os trabalhadores em extração e beneficiamento de carvão mineral em Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. n. 101. [S.l.]: Estudos e Pesquisas, 2022. 22 p.

FRANZEN, Melissa *et al.* Delimitação das áreas afetadas pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina. In: 1º CONGRESSO LATINO- AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA, 1., 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Abas, 2021. p. 1-8.

FEM. **Fostering Effective Energy Transition**: 2021 edition. Geneva: Forum Econômico Mundial, 2021.

FTC. **Ferrovias Tereza Cristina**. 2023. Disponível em: <https://www.ftc.com.br/home>. Acesso em: 120 abr. 2023.

GARCÍA-GARCÍA, P.; CARPINTERO, O.; BUENDÍA, L. Just energy transitions to low carbon economies: a review of the concept and its effects on labour and income. **Energy Research & Social Science**, [S.l.], v. 70, dez. 2020.

GÜNEY, T. Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. **Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.**, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 389-397, 19 mar. 2019.

IBGE (Brasília). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**: downloads. Downloads. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 24 abr. 2023.

KOPPE, Jair Carlos; COSTA, João Felipe Coimbra Leite. A lavra de carvão e o meio ambiente em Santa Catarina. In: SOARES, Paulo Sergio Moreira; SANTOS, Maria Dionísia Costa do; POSSA, Mario Valente (ed.). **Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Cetem/McT, 2008. p. 25-35.

KOTCHEN, Matthew J.. Which Social Cost of Carbon? A Theoretical Perspective. **Journal Of The Association Of Environmental And Resource Economists**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 673-694, jul. 2018. University of Chicago Press.

OKAFOR, C., et al. Situating coupled circular economy and energy transition in an emerging economy. **AIMS Energy**, 2021, v. 9, n. 4, p. 651-675.

PRINZ, L.; PEGELS, A. The role of labour power in sustainability transitions: insights from comparative political economy on germany's electricity transition. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 41, p. 210-219, jul. 2018.

QUEIROZ, L. C. M. **Os efeitos do trabalho na saúde de mineiros de carvão do Sul de Santa Catarina ontem e hoje (1980-2020)**. 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5793966/mod_folder/content/0/l Luiz%20queiroz.pdf. Acesso em: 19 maio 2023.

SAMANIEGO, J. E. L. **Um estudo da combustão de carvão mineral CE4500 em reator de leito fluidizado borbulhante**. 2011. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SANTA CATARINA (Estado). **Lei nº 14829, de 11 de agosto de 2009**. Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina, e adota outras providências. Florianópolis, SC, 2009.

SANTA CATARINA (Estado). **Lei nº 18330, de 5 de janeiro de 2022**. Institui a Política Estadual de Transição Energética Justa e o Polo de Transição Energética Justa do Sul do Estado de Santa Catarina e estabelece outras providências. Florianópolis, SC, 2022.

SEBRAE. **DataSebrae**. 2023a. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SEBRAE. **Data MPE Brasil**. 2023b. Disponível em: <https://datampe.sebrae.com.br/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 19 abr. 2023

SIECESC (Criciúma). **Carvão Mineral: dados estatísticos**. Dados Estatísticos. Disponível em: https://www.siecesc.com.br/dados_estatisticos. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, L. M.; FERREIRA, R. L. Impacto ambiental pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**. [S.l.], p. 55-71, 2015.

SOUZA, M. G. R.; GOMES, C. J. B. Avaliação do ciclo de vida do carvão energético. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativista, 2009, Gramado. **Anais [...]**. [S.l.]: Entmme, 2009. p. 471-478.

SOUZA, C. M. *et al.* Caracterização da pirita proveniente da mineração de carvão no sul catarinense. In: 3º Congresso internacional de tecnologias para o meio ambiente, 3., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: UCS, 2012. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br>. Acesso em: 17 maio 2023.

STEVIS, D.; FELLI, R. Global labour unions and just transition to a green economy. **Int. Environ. Agreem.: Politics Law Econ.**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 29-43, 2 nov. 2014.

TIGRE, M. A. *et al.* **Just Transition Litigation in Latin America**: an initial categorization of climate litigation cases amid the energy transition. New York: Sabin Center For Climate Change Law, 2023. 58 p.

TORREZANI, N. C.; OLIVEIRA, E. F. Problemas ambientais decorrentes da exploração do carvão mineral e a aplicação da ecotoxicologia aquática como ferramenta de biomonitoramento. **Oecologia Australis**, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 509-521, dez. 2013.

UN (Glasgow). **COP-26**. Disponível em: <https://ukcop26.org/the-conference/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

ⁱ Nationally Determined Contributions (NDC) são metas nacionais para reduzirem as suas emissões de gases de efeito estufa.

ⁱⁱ A Ação Civil Pública (ACP) nº 93.8000533-4, também conhecida como ACP do Carvão, foi proposta pelo Ministério Público Federal (MPF) em 1993. Seu objetivo era exigir das empresas carboníferas e do governo federal a recuperação dos danos ambientais causados pela exploração de carvão mineral na região Sul de Santa Catarina. Mais informações disponíveis em: <http://acpcarvao.com.br/login/index.php>.

ⁱⁱⁱ O CO₂e é uma métrica calculada para estimar a equivalência como GEE de outros gases além do CO₂. Gás metano tem uma equivalência 28 vezes mais potente que o CO₂, enquanto o óxido nitroso (N₂O) é 265 vezes mais potente.