

**TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS E INOVAÇÃO NO SETOR
SIDERÚRGICO BRASILEIRO:**

**PERSPECTIVAS FRENTE AO MECANISMO DE AJUSTE DE CARBONO NA FRONTEIRA
DA UNIÃO EUROPEIA E O PAPEL DOS NITs NA ADAPTAÇÃO INDUSTRIAL**

THAIS FARIAS DE OLIVEIRA BONFIM

thais.bonfim@ifba.edu.br

(77) 99966-6342

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Programa de
Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e
Transferência de Tecnologia para Inovação –
PROFNIT – Ponto Focal IFBA

Orientador: Dr. André Luis Rocha de Souza
Coorientador: Dr. José Célio Silveira Andrade

Salvador

2025

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema de pesquisa

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de aço do mundo (CNA, 2023), sendo a cadeia produtiva da siderurgia essencial para outros setores, como construção civil, automotivo, naval, máquinas e equipamentos.

Por ser um grande exportador para a Europa, o Brasil enfrentará pressão direta para descarbonizar sua produção siderúrgica, sob risco de perder competitividade ou pagar tarifas elevadas, o que exige inovação tecnológica, adequações regulatórias e estratégias de sustentabilidade para contornar este cenário (APEXBRASIL, 2023).

Ademais, a indústria siderúrgica contribui com produtos bases para a infraestrutura dos demais setores industriais, como o de energia, por exemplo, ao fornecer estruturas de suporte para painéis solares e turbinas para geração de energia eólica (FERNANDES et al., 2024).

O setor siderúrgico é o foco desta pesquisa por destacar-se como intensivo em energia e emissão de GEE, sendo responsável por 2% do total de emissões no país em 2020 (FERNANDES et al., 2024).

Os produtos da indústria siderúrgica brasileira correspondem à maioria das exportações impactadas pelo Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) da União Europeia, considerando a média apresentada entre os anos de 2020 e 2022, com 92% do valor das exportações dos produtos afetados, enfatizando a análise dos impactos do Mecanismo para este setor (VEIGA; RIOS, 2024).

Com perspectiva para implementação do CBAM a partir de 2026, cujo objetivo é mensurar a pegada de carbono embutido nos produtos exportados à União Europeia, os setores afetados deverão reduzir suas emissões, além de compensar as emissões que ultrapassarem os limites estabelecidos no processo de produção (CNA, 2023).

Nesse contexto, as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) e os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) desempenham papel fundamental para a geração de conhecimentos e a produção de novas tecnologias (LEITE; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2023), o que pode auxiliar no desenvolvimento de tecnologias mais limpas e na transferência tecnológica, com o objetivo de reduzir as emissões de GEE no setor industrial.

Os NITs, formados por uma ou mais ICTs, tem como objetivo gerenciar a política de inovação institucional, além de aproximar o setor acadêmico e produtivo (QUEIROZ et al., 2022). Tais contribuições foram possíveis a partir da criação da Lei de Inovação, Lei Federal nº 10.973/2004, que institui medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no âmbito produtivo (BRASIL, 2004).

Para Leite, Mendonça e Oliveira (2023), o NIT como mediador entre o setor produtivo e acadêmico é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias que solucionem problemas atuais da sociedade, além de realizar a transferência de tecnologias desenvolvidas na instituição, o registro de patentes e demais modalidades da propriedade intelectual.

Logo, a atuação do NIT no desenvolvimento e na transferência de tecnologias para descarbonização de setores intensivos em emissões pode tornar-se fundamental para a transição para uma economia de baixo carbono e redução dos impactos ambientais sofridos pela sociedade.

Nessa conjuntura, surge uma problemática central: não está claro se as indústrias brasileiras, especialmente do setor siderúrgico, estão tecnologicamente preparadas para atender às exigências do

Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) da União Europeia. Além disso, questiona-se quais são as tecnologias mais limpas disponíveis que podem ser adotadas pelas indústrias brasileiras para acelerar a transição rumo a processos produtivos de menor impacto ambiental.

Diante dos desafios impostos pelo CBAM, voltados à redução das emissões de carbono nos produtos importados, este estudo busca responder: **quais tecnologias mais limpas, protegidas por patentes no setor siderúrgico brasileiro, apresentam potencial de transferência e aplicação industrial frente ao Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia, contribuindo para a redução da pegada de carbono e o fortalecimento da competitividade nas exportações do país?**

Assim, a pesquisa tem como objetivo geral apresentar uma prospecção de tecnologias mais limpas aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro frente às exigências do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia (CBAM), com foco na identificação de oportunidades de transferência tecnológica e no fortalecimento da atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) — especialmente o Departamento de Inovação do IFBA — na mediação entre a produção científica e o setor produtivo.

Portanto, considerando os desafios a serem enfrentados para descarbonização e consequente enfrentamento às mudanças climáticas, a presente prospecção poderá indicar o panorama de tecnologias mais limpas que vêm sendo desenvolvidas no Brasil, no setor siderúrgico, visando o desenvolvimento sustentável, cenário que pode ampliar as oportunidades para a inovação no setor industrial, tornando-o mais competitivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

A pesquisa objetiva apresentar uma prospecção de tecnologias mais limpas aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro frente às exigências do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia (CBAM), com foco na identificação de oportunidades de transferência tecnológica e no fortalecimento da atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) — especialmente o Departamento de Inovação do IFBA — na mediação entre a produção científica e o setor produtivo.

O Departamento de Inovação do IFBA (ou Núcleo de Inovação Tecnológica) é responsável pelas atividades de Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Ponto Focal do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT.

O objetivo geral da pesquisa consiste em uma análise prospectiva de tecnologias mais limpas, protegidas por patentes e aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro, com foco em seu potencial de transferência tecnológica e aplicação industrial frente às exigências do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia (CBAM).

Desse modo, poderá evidenciar a contribuição dessas tecnologias para a redução da pegada de carbono, o fortalecimento da competitividade das exportações e as oportunidades de atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) — em especial do Departamento de Inovação do IFBA — na mediação entre a pesquisa científica e o setor produtivo.

De forma específica, busca-se alcançar os seguintes objetivos, conforme item 1.2.2.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as principais exigências regulatórias do CBAM para o setor siderúrgico, considerando os impactos sobre a competitividade industrial brasileira.
- b) Identificar as tecnologias mais limpas que vêm sendo desenvolvidas no Brasil, na indústria siderúrgica afetada pelo CBAM, que podem contribuir para redução da pegada de carbono dos seus produtos.
- c) Levantar a pegada de carbono dos produtos brasileiros exportados para a União Europeia, pertencentes ao setor siderúrgico e seus efeitos para a competitividade das empresas brasileiras do setor.
- d) Identificar tecnologias e processos passíveis de transferência tecnológica, com foco na atuação dos NITs na adaptação do setor industrial ao CBAM e às metas de descarbonização.
- e) Contribuir para subsidiar a formulação de políticas públicas e empresariais relacionadas à descarbonização e transição energética da indústria siderúrgica

1.3 JUSTIFICATIVA

A indústria siderúrgica poderá ser fortemente afetada pela implementação do CBAM, visto que o setor de aço e ferro é intensivo em energia e emissão de gases de efeito estufa (FERNANDES *et al.*, 2024), ademais, o Brasil está entre os maiores exportadores de aço do mundo (CNA, 2023), o que justifica a escolha do setor siderúrgico para este estudo.

Nesse sentido, a presente pesquisa justifica-se pela relevância econômica e ambiental, visto que o CBAM afeta setores importantes da economia brasileira, como alumínio, ferro, aço, cimento, eletricidade, hidrogênio e fertilizantes, ao exigir práticas sustentáveis mais robustas alinhadas ao mercado internacional (APEXBRASIL, 2023). Além disso, para o atendimento às exigências estabelecidas pelo mecanismo, com a necessidade de redução das emissões de CO₂, é necessário a implementação de tecnologias mais limpas, que, segundo Silva Júnior e Andrade (2011), exigem investimento maior em pesquisa, desenvolvimento e inovação, ratificando a relevância teórica desta pesquisa.

A pesquisa também justifica-se pela sua relevância teórica e prática, com a geração de conhecimento estruturado sobre Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, que fornecerá um Relatório Técnico Conclusivo com o mapeamento das tecnologias mais limpas emergentes aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro, o que permitirá aos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e às empresas brasileiras anteciparem tendências, estabelecerem parcerias estratégicas e incorporarem inovações sustentáveis para atender às regulamentações do CBAM. As contribuições práticas geradas pelo produto da dissertação serão perceptíveis em diversas áreas:

- Industrial: Maior competitividade das indústrias nacionais nos mercados internacionais, por meio da adoção de tecnologias mais limpas.
- Tecnológica: Ampliação do portfólio de tecnologias sustentáveis disponíveis para licenciamento e transferência via NITs e ICTs.
- Econômica: Redução de riscos comerciais para exportadores brasileiros e novas oportunidades de mercado para empresas alinhadas à economia verde.
- Ambiental: Contribuição para a redução das emissões de carbono na indústria, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade.
- Regulatória: Geração de insumos para a formulação de políticas públicas voltadas à inovação e transição energética no Brasil.

A transição para uma economia de baixo carbono requer participação acadêmica para a elaboração de estratégias que dialoguem entre as necessidades governamentais e sociais, e a produção tecnológica por meio de estudos científicos, visto que a falta de integração entre esses atores pode ser

considerada como entrave para o avanço da ciência alinhada às necessidades globais (PINSKY; GOMES; KRUGLIANSKAS, 2019).

O projeto surge como resposta à necessidade de adaptação da indústria brasileira às exigências do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia (CBAM), que impõe barreiras comerciais a produtos com alta pegada de carbono. Diante desse cenário, há uma demanda urgente por tecnologias mais limpas e estratégias de Transferência de Tecnologia (TT) que fortaleçam a competitividade e a sustentabilidade industrial. A demanda principal parte de Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), Indústrias dos setores impactados (ferro, aço, alumínio, cimento, fertilizantes, hidrogênio e eletricidade) e órgãos governamentais, que necessitam de ferramentas para identificar, adaptar e implementar soluções tecnológicas alinhadas às diretrizes de descarbonização e inovação.

Em pesquisas realizadas sobre o tema não foram identificados produtos que forneçam o mapeamento das tecnologias mais limpas emergentes aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro frente às exigências do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia (CBAM), com foco na identificação de oportunidades de transferência tecnológica e no fortalecimento da atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) — especialmente o Departamento de Inovação do IFBA — na mediação entre a produção científica e o setor produtivo, objetivo deste projeto. A presente pesquisa buscará preencher esta lacuna por meio do produto da dissertação.

A aplicabilidade do projeto pode ser expandida para outras cadeias produtivas além das diretamente afetadas pelo CBAM, incluindo setores que buscam reduzir suas emissões para atender a regulamentações ambientais futuras e estratégias de ESG (Environmental, Social, and Governance). Ademais, as metodologias empregadas, como prospecção tecnológica e análise bibliométrica, podem ser replicadas para avaliar outros contextos de inovação e descarbonização, ampliando o impacto do estudo. O conhecimento gerado também pode subsidiar formulação de políticas públicas, auxiliando órgãos governamentais e entidades reguladoras na definição de estratégias para a transição industrial sustentável no Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mudanças climáticas e tecnologias mais limpas para uma economia de baixo carbono

Nas últimas décadas o mundo tem assistido ao crescimento de uma crise climática sem precedentes. Chuvas intensas em determinada região, enquanto em outras, seca extrema, furacões, inundações, dentre outros eventos. Sabe-se que, desde a revolução industrial, o uso excessivo de combustíveis fósseis, responsáveis pela emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), tem provocado o aquecimento global e, como consequência, as mudanças climáticas (IPCC, 2023; SOUZA, 2016).

O fenômeno das mudanças climáticas vem resultando em impactos socioeconômicos e ambientais cada vez mais frequentes, provocando desastres naturais, redução da produção de alimentos, incertezas econômico-financeiras, pondo em risco o contexto em que as futuras gerações se desenvolverão, criando um cenário complexo para todos os setores da sociedade. De acordo com a World Meteorological Organization (WMO, 2024), entre os anos de 2024 e 2028 a temperatura média global poderá aumentar entre 1,1°C e 1,9°C por ano consecutivo, o que simboliza média maior do que a registrada entre os anos de 1850 e 1900.

Em função dos riscos e efeitos que essa conjuntura vem gerando para o mundo, como os eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil em 2021 e 2022, segundo a análise feita por Wobetto (2024) em associações e cooperativas do agronegócio, em 2022, 65% da safra de milho foi impactada, o equivalente a quatro milhões de toneladas e R\$ 6,3 bilhões de reais, além de 48,7% a menos na produção de soja, correspondendo a 10,2 milhões de toneladas ou R\$ 32,4 bilhões de reais; e

considerando as projeções trazidas pelo IPCC (2023), torna-se urgente uma mudança na trajetória de desenvolvimento pautado em tecnologias convencionais, que até então priorizava a produção baseada em combustíveis fósseis, com a adoção pelas lideranças globais de iniciativas que sejam pautadas em inovações que promovam as tecnologias mais limpas e que contribuam para a redução efetiva das emissões de GEE e os seus efeitos sobre o planeta, colocando as economias globais na rota de transição estratégica para uma economia de baixo carbono (THORSTENSEN; ZUCHIERI; MOTA, 2022; UNTERSTELL; LA ROVERE, 2021).

A tecnologia convencional predominante na indústria siderúrgica consiste no uso de combustíveis fósseis como principal fonte de energia na redução do minério de ferro em aço, em alto-forno-convertedor (BF-BOF - Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace), um processo intensivo tanto em energia como em emissões de CO₂ (IEA, 2020). Nesse contexto, as tecnologias mais limpas apresentam papel fundamental, tendo em vista que atuam de forma preventiva, reduzindo as emissões de GEE e a produção de resíduos sólidos ainda no processo inicial de produção do aço e ferro. Ademais, as tecnologias limpas ou *end-of-pipe*, para Silva Júnior e Andrade (2011), buscam tratar os GEE emitidos após o processo de produção, com o intuito de reduzir os impactos ambientais. A captura e armazenamento de carbono (CCS) e a reciclagem de sucatas metálicas são exemplos de tecnologias *end-of-pipe*, por agir no efeito e não na causa. Apesar disso, são estratégias relevantes mitigar os impactos ambientais gerados pelas emissões de GEE na indústria siderúrgica, enquanto que as tecnologias mais limpas sugerem mudanças nos processos industriais a fim de atingir tanto benefícios econômicos como ambientais (UNEP, 2016).

Nesse sentido, a CCS, considerada uma tecnologia *end-of-pipe*, consiste na captura, no transporte e no armazenamento do carbono emitido no processo de produção em locais geologicamente seguros, impedindo que os GEE atinjam a atmosfera (CÂMARA; ANDRADE; ROCHA, 2011), sendo uma estratégia de mitigação dos impactos ambientais decorrentes da emissão de CO₂. O carbono emitido pode ser comprimido e transportado por meio de oleoduto, navio, trem ou caminhão, caso não seja utilizado no local, sendo uma alternativa aos setores que possuem dificuldades para reduzir suas emissões (IEA, 2022). Sua aplicação é usada na indústria de fertilizantes, além da produção de combustíveis sintéticos à base de dióxido de carbono, produtos químicos e agregados de construção (IEA, 2022). Na produção do aço bruto com redução do minério de ferro, a CCS pode ser aplicada na rota de altos-fornos, visto que é um processo intensivo em emissões. Outra rota de tecnologias limpas ou *end-of-pipe* consiste na reciclagem da sucata metálica, considerando que o aço é um material 100% reciclável e que pode ser reutilizado diversas vezes, mantendo a qualidade e podendo ser transformado em variados produtos (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2023).

Em contrapartida, na indústria de energia, o Brasil possui, majoritariamente, a geração de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, que são aquelas obtidas por meio da utilização dos recursos naturais, como energia hidrelétrica, eólica, solar, biomassa e biogás. A matriz hídrica é predominante no Brasil, contudo, as fontes renováveis solar e eólica vêm ganhando espaço na indústria de energia, seguida pela fonte de energia a partir de biomassa, que bateu recorde de contribuição em geração de energia em 2023, produzindo 4,6% de toda a demanda de energia consumida no ano e, segundo o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2023), suas emissões não contribuem para o efeito estufa. Ademais, a energia por biogás que, de acordo com a Associação Brasileira do Biogás (ABIOGÁS, 2025), reduz a emissão de CO₂ em até 90% se comparada aos combustíveis fósseis.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2025), o setor brasileiro tem importante posição para o enfrentamento às mudanças climáticas, ocupando o sexto lugar no Ranking Global de Capacidade Instalada onshore. A ABEEÓLICA (2025) apresenta resultados de 40,2 milhões de toneladas de CO₂ evitados pela geração de energia eólica somente em

2024. Em dados acumulados desde 2012, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2025) evitou a emissão de 67,4 milhões de toneladas de CO₂, sendo 5,5 milhões de toneladas somente no primeiro semestre de 2024, com a fonte solar fotovoltaica. Logo, os dados obtidos no setor de energia demonstram o impacto positivo da implementação de tecnologias mais limpas para a descarbonização.

2.2 Estratégias de neutralização das emissões de GEE e transferência de tecnologia no setor siderúrgico

Para Unterstell e La Rovere (2021), a conformação de uma mudança nesse cenário requer políticas focalizadas em estratégias de neutralização das emissões de GEE, nas próximas três décadas e, para tanto, duas frentes precisam ser estruturadas: (i) Mudança nos processos da produção industrial e na geração de energia; e (ii) políticas públicas inovadoras, comprometidas para a transição para uma economia menos intensiva em GEE.

No que se refere à produção industrial, a estratégia é central: faz-se necessário o desenvolvimento e implementação de tecnologias mais limpas, cujo objetivo é eliminar as emissões de GEE; enquanto que a produção de energia deve seguir a partir de fontes renováveis de energia. Já no tocante às políticas públicas, observa-se no mundo a criação de mecanismos de restrição de carbono, voltados para induzir a transição energética. Essa perspectiva aponta para a necessidade de investimentos em inovação tecnológica e em estratégias de adaptação frente ao contexto climático (HERÉDIA; GALGANI, 2022).

Para Cumming, Henriques e Sadorsky (2016), as tecnologias limpas são processos que objetivam menor geração de resíduos na produção, incluindo a geração de biomassas e processos de reciclagem, em tempo que Silva Júnior e Andrade (2011) afirmam que as tecnologias propostas a tratar os resíduos gerados, ou seja, tratar as consequências e não agir de forma preventiva aos impactos ambientais, tenderão a ser classificados como tecnologias *end-of-pipe*.

No contexto de busca pelo desenvolvimento sustentável e livre de emissões, Silva Júnior e Andrade (2011) destacaram em sua pesquisa que as tecnologias ambientais como tecnologias *end-of-pipe*, que buscam tratar os GEE emitidos após o processo de produção, com o intuito de reduzir os impactos ambientais, e tecnologias mais limpas - que são estratégias implementadas para redução ou eliminação das emissões de gases de efeito estufa ainda no processo inicial, ou seja, na origem.

A eletrificação de processos, o uso de hidrogênio verde em substituição ao combustível fóssil e a melhor utilização dos recursos naturais representam estratégias importantes para a transição para uma economia de baixo carbono na indústria siderúrgica. No processo de produção do aço bruto, a redução do minério de ferro em altos-fornos é o processo identificado como maior intensivo em emissões de GEE no setor de aço e ferro (FERNANDES et al., 2024). Portanto, a tecnologia de utilização de forno elétrico a arco (EAF - Eletric Arc Furnace), com energia renovável, em substituição aos altos-fornos convencionais com utilização de carvão coque, reduz significativamente as emissões de CO₂ (IEA, 2022). Outra inovação é, em substituição aos combustíveis fósseis, a utilização do hidrogênio verde como agente redutor no processo de redução direta do ferro (DRI - Direct Reduced Iron), produzido a partir de fontes de energia renováveis, pode ser uma estratégia relevante para a descarbonização do setor industrial (IEA, 2025).

Logo, com metas globais de descarbonização, enfrentamento às mudanças climáticas e melhor utilização dos recursos naturais, a aplicação de tecnologias mais limpas surge como aliada aos objetivos mencionados, tendo em vista que atuam de forma preventiva, minimizando a necessidade de ações de enfrentamento às consequências geradas pelas emissões de GEE na atmosfera e promove a eficiência na utilização de recursos naturais, reduzindo a produção de resíduos sólidos ainda no processo inicial.

Destarte, enquanto as tecnologias mais limpas colocam as nações na rota de transição para uma economia de baixo carbono, reduz, também, os custos da descarbonização, considerando que há uma tendência de criação de políticas restritivas de carbono, como já vem acontecendo com a União Europeia (UE), que criou 50 medidas para descarbonizar a economia dos países do bloco e fortalecer o mercado de carbono *Emissions Trading System* (ETS). Em 2023, a UE criou o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM), o qual passará a vigorar em janeiro de 2026 (COMISSÃO EUROPEIA, 2019; HERÉDIA; GALGANI, 2022) e que afeta setores importantes da economia brasileira como o aço e ferro (foco da presente pesquisa), além dos setores de fertilizantes, cimento, alumínio, hidrogênio e eletricidade.

2.3 Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) e o papel dos NITs na adaptação do setor siderúrgico brasileiro

A União Europeia (UE), em 2019, criou o Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*), estabelecendo metas de curto e longo prazo para a redução da emissão de CO₂. A previsão é de apagar em 55% até 2030 e neutralizar os efeitos das emissões até 2050 (CNI, 2024).

Como parte do *Green Deal*, a UE regulamentou a precificação para emissão de carbono, denominada de CBAM - Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira da União Europeia - (UE - 2023/956), em vigor desde outubro de 2023. Em seu período de vigência estão programadas duas fases: a Transitória, que visa coletar dados a partir de 2023 das emissões de GEE dos países exportadores de alumínio, ferro, aço, cimento, eletricidade, hidrogênio e fertilizantes; a Regular, que terá início em janeiro de 2026, e fará a cobrança de CO₂ equivalente (CO₂e), isto é, gás incorporado em seus produtos (CNI, 2024). Esse contexto requer que os países exportadores se adequem às normas estabelecidas pela UE e desenvolvam políticas sustentáveis de produção e industrialização, intensificando a implementação de tecnologias mais limpas, sobretudo nos setores afetados pelo CBAM.

O setor industrial destaca-se como responsável por mais de 30% das emissões de GEE liberadas na atmosfera, sendo o segundo maior responsável pelas emissões globais de CO₂ (JAYACHANDRAN, *et al.*, 2022). Logo, a transição para uma economia de baixo carbono é primordial para o atendimento às metas globais de enfrentamento às mudanças climáticas. Como importante aliado nesse desafio, há a implementação das tecnologias mais limpas, especialmente nos setores industriais afetados pelo CBAM, uma estratégia que permite a redução da emissão de gases, gerando menos impacto negativo ao meio ambiente.

Para Shuai *et al.* (2024), a implementação do CBAM poderá reduzir significativamente as emissões de CO₂ nos países fora da UE, no entanto, a indústria siderúrgica poderá ser fortemente afetada, caso não esteja preparada, o que poderá diminuir o seu volume de produção e, conseqüentemente, gerar impactos negativos sobre o PIB (Produto Interno Bruto) da maioria dos países exportadores à UE. Logo, a expectativa é de que com ações de restrição de carbono, à medida que a tarifa de CO₂ aumenta, a emissão de GEE é reduzida ao mesmo tempo em que a produção de ferro e aço é refreada.

Diante desse cenário, identifica-se uma problemática, pois o Brasil terá desafio substancial frente às exigências do CBAM. Isso, porque, no setor industrial, diferente do setor de eletricidade, em que o país possui matriz elétrica com maior parte sendo renovável, os desafios requerem investimentos em inovação que promovam tecnologias mais limpas, sustentáveis, que gerem competitividade para os produtos brasileiros que devem ingressar na Europa com menor intensidade de carbono, sob pena de serem taxados e gerarem desvantagem competitiva para as empresas brasileiras (APEXBRASIL, 2023; BRASIL, 2024b).

Frente às conseqüências advindas das emissões de GEE, seja em função dos riscos físicos, financeiros, econômicos e sociais, como também criar no cenário nacional um ambiente econômico

que promova a estratégia de induzir a transição para uma economia de baixo carbono, o Brasil, em 11 de dezembro de 2024, sancionou a Lei 15.042, que Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), cujo objetivo é o cumprimento da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e a efetivação dos acordos assinados sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2024a).

A PNMC, criada através da Lei N 12.187, de 29 de dezembro de 2009, estabelece diretrizes que promovem o desenvolvimento sustentável e a redução das emissões dos gases de efeito estufa. Como parte dessa Política, o Brasil instituiu, por meio do Decreto 11.550/2023, o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), responsável pela elaboração do Plano Clima, iniciado em 2023, cujo objetivo é o enfrentamento às mudanças climáticas, partindo de dois pilares, sendo o primeiro a mitigação das emissões de GEE e o segundo, a adaptação da população e das estruturas às alterações do clima (BRASIL, 2024b).

O Plano Clima atuará estrategicamente através de Planos de Mitigação e Planos de Adaptação de forma setorial, com intuito de alcançar setores importantes da economia, gerando impacto na transição energética, no desenvolvimento industrial sustentável, no enfrentamento à crise climática e na migração para uma economia de baixo carbono (BRASIL, 2024b). Além das estratégias de mitigação e adaptação, o Plano Clima também dispõe de Estratégias Transversais para as mudanças climáticas, visando alcançar população vulnerável, impactos econômicos e ambientais, financiamentos, monitoramento e gestão, capacitação, desenvolvimento e inovação (BRASIL, 2024b). O Plano Clima conta com a colaboração da sociedade, empresas, governo e academia, além de mais de 20 ministérios, amparando, também, a elaboração da nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), com metas de descarbonização conforme o Acordo de Paris.

Nesse sentido, tendo como parâmetro as emissões registradas em 2005, o Brasil comprometeu-se a reduzir em 37%, até 2025, as emissões de gases de efeito estufa, e em 47% até 2030, ratificando o Acordo de Paris (ARTAXO, 2020) - acordo assinado em 2015, cujo objetivo é o enfrentamento às alterações climáticas, mantendo a temperatura média global abaixo de 2°C.

Considerando as metas globais de neutralidade dos GEE, a precificação do carbono imposta pela implementação do CBAM, embora desafiadora pelo curto prazo para adequação, suscita o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias mais limpas nos setores industriais, visto que a não descarbonização onerará o preço dos produtos a serem exportados, gerando desvantagem competitiva, comparativa e relativa para as empresas brasileiras.

Diante desse quadro, urge a necessidade de ações efetivas com o intuito de reduzir a emissão de gases, sobretudo aqueles diretamente ligados ao efeito estufa, a exemplo do gás carbônico (CO₂), e para enfrentamento dos desafios associados aos setores intensivos em emissões, sob pena de as indústrias brasileiras perderem competitividade no cenário internacional, o que impulsiona a sociedade civil e governamental quanto à necessidade de tomada de medidas necessárias para mitigação dos efeitos decorrentes do desenvolvimento não sustentável.

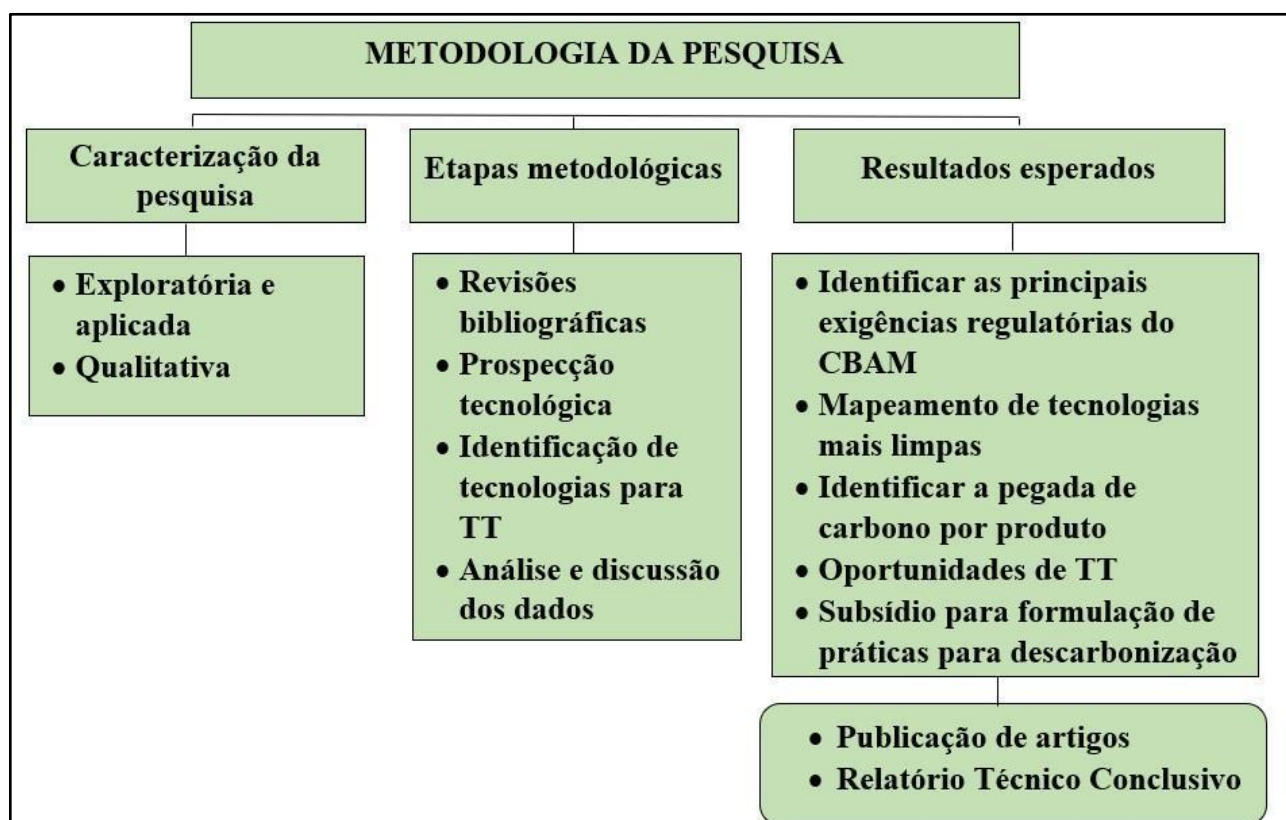
Nesse contexto, os NITs podem representar papel fundamental na mediação entre setor produtivo e ICTs, considerando que, para Silva et al. (2015), as instituições científicas e governamentais devem desenvolver estratégias de transferência tecnológica associadas às demandas das indústrias. Tais estratégias podem promover o desenvolvimento sustentável, auxiliando na adaptação tecnológica e regulatória dos setores afetados pelo CBAM, possibilitando a competitividade das empresas brasileiras no mercado de exportações para a União Europeia.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa exploratória e aplicada, com abordagem qualitativa, conforme Figura 2. Serão realizadas revisões bibliográficas e documentais sobre inovação tecnológica, descarbonização e adaptação regulatória. A pesquisa aplicada envolverá a prospecção tecnológica para mapear inovações que atendam às exigências do CBAM, além de análise bibliométrica, utilizando as bases de dados Web of Science e Scielo. O acesso a bases científicas e plataformas especializadas assegura a identificação de soluções viáveis para a adaptação industrial ao CBAM, tornando a pesquisa exequível.

Figura 2: Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Santos (2024)

3.2 Etapas e Procedimentos da Pesquisa

A presente pesquisa será dividida em cinco etapas, para melhor organização e alcance dos resultados esperados, com levantamento bibliográfico, prospecção tecnológica, identificação de oportunidades de propriedade intelectual e transferência de tecnologia, propostas de políticas públicas e conclusões, conforme descrito abaixo:

ETAPA 1: Levantamento Bibliográfico e Revisão de Literatura

O objetivo da ETAPA 1 consiste em mapear o estado da arte sobre o CBAM, descarbonização industrial, práticas de inovação tecnológica e transferência de tecnologia, para identificação das principais exigências regulatórias do Mecanismo para o setor siderúrgico, considerando os impactos sobre a competitividade industrial brasileira. Os procedimentos para realização desta etapa serão divididos em: I) Levantamento de artigos acadêmicos, relatórios governamentais, e estudos de caso sobre o CBAM e sua implementação em outras regiões; II) Análise de tecnologia

aplicada à descarbonização industrial; III) Identificação de modelos de políticas públicas de adaptação ao CBAM em outros países.

ETAPA 2: Prospecção Tecnológica e Análise Operacional

O objetivo da ETAPA 2 consiste em identificar as tecnologias emergentes que podem ser aplicadas ao setor siderúrgico brasileiros impactado pelo CBAM e levantar a pegada de carbono dos produtos brasileiros exportados para a União Europeia. Os procedimentos para realização desta etapa serão divididos em: I) Utilização da plataforma Orbit e base de dados do INPI para realizar a prospecção de patentes e inovações tecnológicas no setor siderúrgico; II) Identificação de tecnologias de baixo carbono, eficiência energética e processos sustentáveis que podem ser transferidos para as indústrias brasileiras; III) Identificação da pegada de carbono dos produtos siderúrgicos afetados pelo CBAM; IV) Análise operacional dos processos industriais mais impactados pelo CBAM, identificando gargalos tecnológicos que precisam ser superados; V) Levantamento das barreiras tecnológicas e regulamentares enfrentadas pelas indústrias para adaptar-se às exigências do CBAM.

ETAPA 3: Identificação de Tecnologias e processos passíveis de Transferência de Tecnologia

O objetivo da ETAPA 3 consiste em identificar as tecnologias e processos passíveis de transferência tecnológica, com foco na atuação dos NITs - em especial o Departamento de Inovação do IFBA, o qual tem papel importante no estado da Bahia e na região Nordeste, na adaptação do setor industrial ao CBAM e às metas de descarbonização. Os procedimentos para realização desta etapa serão divididos em: I) Mapeamento de tecnologias que possuem potencial de patenteamento ou que já estão protegidas por propriedade intelectual; II) Análise de oportunidades para licenciamento e parcerias tecnológicas entre NITs e empresas, visando facilitar a transferência de tecnologias de baixo carbono.

ETAPA 4: Desenvolvimento de recomendações para subsidiar a formulação de Propostas de Políticas Públicas

O objetivo da ETAPA 4 consiste em contribuir para subsidiar a formulação de políticas públicas e empresariais relacionadas à descarbonização e transição energética da indústria siderúrgica. Os procedimentos para realização desta etapa serão divididos em: I) desenvolvimento de modelos de integração da inteligência tecnológica com os processos industriais para adaptação ao CBAM; II) Criação de recomendações para subsidiar políticas públicas que incentivem os NITs a apoiar a descarbonização da indústria e facilitar a transferência de tecnologia; III) Elaboração de um conjunto de recomendações para as indústrias, focando em práticas sustentáveis e alinhamento às metas globais de descarbonização.

ETAPA 5: Discussão dos dados e Conclusões

Na ETAPA 5, os dados obtidos serão analisados e discutidos para elaboração do produto final, um Relatório Técnico Conclusivo de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia. Os procedimentos para realização desta etapa serão divididos em: I) Análise e discussão das exigências regulatórias para implementação do CBAM e os impactos nas indústrias siderúrgicas brasileiras; II) Análise e discussão dos processos e tecnologias identificadas no setor siderúrgico; III) Redação do Relatório Técnico Conclusivo com as discussões dos dados obtidos e considerações finais.

3.3 Relação entre Objetivos Específicos, Metodologia e Resultados

Objetivos específicos	Estratégias metodológicas	Resultados esperados
-----------------------	---------------------------	----------------------

I.	Levantamento Bibliográfico e Revisão de Literatura; Análise dos regulamentos.	Exigências regulatórias do CBAM para o setor siderúrgico e os impactos sobre a competitividade industrial brasileira.
II.	Levantamento Bibliográfico e Revisão de Literatura; Prospecção Tecnológica e Análise Operacional.	Relatório prospectivo das tecnologias mais limpas emergentes aplicáveis ao setor siderúrgico brasileiro impactado pelo CBAM que podem contribuir para redução da pegada de carbono dos seus produtos.
III	Levantamento Bibliográfico e Revisão de Literatura; Prospecção Tecnológica e Análise Operacional	Pegada de carbono dos produtos siderúrgicos brasileiros exportados para a União Europeia, e seus efeitos para a competitividade das empresas brasileiras do setor.
IV	Mapeamento de tecnologias que possuem potencial de patenteamento ou que já estão protegidas por propriedade intelectual; Análise de oportunidades para transferência de tecnologias.	Relatório contendo oportunidades de transferência de tecnologias ou parcerias entre NITs e empresas, ampliando a capacidade de adaptação da indústria às exigências do CBAM e às metas de descarbonização.
V.	Integração entre inteligência tecnológica e os processos industriais para adaptação ao CBAM	Subsídios decorrente do relatório para a formulação de políticas públicas e empresariais relacionadas à descarbonização e transição energética da indústria siderúrgica.

3.4. Coleta de dados preliminares

Os conceitos de tecnologias *end-of-pipe*, tecnologias limpas e tecnologias mais limpas explanados nas fundamentações teóricas embasaram a prospecção de patentes realizadas na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), através de palavras-chaves referentes às tecnologias mais limpas utilizadas no processo de redução direta do minério de ferro (DRI - Direct Reduced Iron) com hidrogênio verde, substituição ao carvão coque em altos-fornos e o uso de forno elétrico a arco (EAF - Eletric Arc Furnace), visto que este é o processo identificado como maior intensivo em emissões de GEE no setor de aço e ferro (FERNANDES *et al.*, 2024). Para a prospecção das patentes na base de dados do INPI, as palavras-chaves foram inseridas para buscas tanto no título quanto no resumo, além de buscas pela “expressão exata” ou “todas as palavras”. A prospecção foi realizada no período de 01 a 17 de maio de 2025, e obteve o universo de pedidos de patentes conforme Tabela 01.

Tabela 01 - Universo de Pedidos de Patentes no INPI

Palavra-Chave	Quantidade de pedidos encontrados entre títulos e resumos
Hidrogênio Verde	11
DRI H2	0
DRI	55
EAF energia renovável	0

Biocarvão ferro	3
Biomassa ferro	52
Total	121

Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos no INPI (2025)

Após a prospecção das patentes, serão analisadas, através do resumo contido no pedido de registro, e tendo como parâmetro os conceitos trazidos pelas literaturas exploradas, quais tecnologias podem ser caracterizadas como tecnologias mais limpas, e quais tecnologias podem ser caracterizadas como tecnologias limpas ou *end-of-pipe*, retirando-as da amostra.

Como critério de exclusão, serão analisadas: a) tecnologias que não se referem ao setor industrial siderúrgico; b) tecnologias que não se referem ao processo de redução do minério de ferro; c) tecnologias que destacam a utilização de energia não renovável como agente redutor; d) tecnologias que buscam tratar os GEE emitidos após o processo de redução, sem a mitigação dos mesmos na fonte, como é o objetivo das tecnologias mais limpas, e; e) tecnologias que não apresentam elementos que possam classificá-las como tecnologias mais limpas. Após análise, os resultados serão explanados em um quadro demonstrativo.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. Associação Brasileira de Energia Eólica. [s. d.]. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 14 mai. 2025.

ABIOGÁS. Biogás. [s. d.]. Disponível em: <https://abiogas.org.br/biogas/>. Acesso em: 13 mai. 2025.

ABSOLAR. Infográfico. [s. d.]. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 14 mai. 2025.

APEXBRASIL. CBAM entra em fase transitória. Brasília, DF: ApexBrasil, 2023. Disponível em: https://portal.apexbrasil.com.br/relacoes_comerciais/cbam-entra-em-fase-transitoria/. Acesso em: 11 mai. 2025.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. Estudos Avançados, v. 34, n. 100, p. 53-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>. Acesso em: 3 mai. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Diário Oficial da União, 3 dez. 2004. Seção 1, p. 2-4. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm. Acesso em: 21 ago. 2025.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm. Acesso em: 3 mai. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Biomassa quebra recorde de geração de energia em 2023. [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/biomassa-quebra-recorde-de-geracao-de-energia-em-2023>. Acesso em: 15 mai. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano Clima. Brasília, DF: MMA, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>. Acesso em: 15 jul. 2024.

CÂMARA, George; ANDRADE, José Célio; ROCHA, Paulo. Tecnologia de armazenamento geológico de dióxido de carbono: panorama mundial e situação brasileira. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 6, n. 3, p. 238–253, 2011. DOI: 10.7177/sg.2011.v6.n3.a2. Acesso em 21 jul. 2025

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento Delegado (UE) 2019/331 da Comissão de 19 de dezembro de 2018 sobre a determinação das regras transitórias da União relativas à atribuição harmonizada de licenças de emissão a título gratuito nos termos do artigo 10^o-A da Diretiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia, Bruxelas, L 59, p. 8-69, 27 fev. 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0331>. Acesso em: 12 mai. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. CNA: agendas globais e o agro brasileiro: o mecanismo de ajuste de carbono na fronteira da União Europeia. Brasília, DF: CNA, 2023. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/publicacoes/agendas-globais-e-o-agro-brasileiro>. Acesso em: 14 fev. 2025.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Manual sobre a fase transitória do mecanismo de ajuste de carbono na fronteira (CBAM) da União Europeia. Brasília, DF: CNI, 2024. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/09/2b/092bc133-4a98-4f7d-a066-a5ef530a7410/id_2024_manual_cbam.pdf. Acesso em: 26 abr. 2025.

CUMMING, D.; HENRIQUES, I.; SADORSKY, P. ‘Cleantech’ venture capital around the world. International Review of Financial Analysis, v. 44, p. 86-97, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2016.01.015>. Acesso em 15 mai. 2025

FERNANDES, P. D. et al. Descarbonização da indústria de base. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2024. Acesso em 13 mai. 2025.

HERÉDIA, G.; GALGANI, A. O que é o CBAM e como afetará empresas brasileiras? WayCarbon, São Paulo, 21 jun. 2022. Disponível em: <https://waycarbon.com/pt/blog/o-que-e-o-cbam-e-como-afetara-empresas-brasileiras/>. Acesso em: 11 mai. 2025.

IBRAM. IBRAM reforça importância dos minérios para a transição energética em debate em Brasília. 14 maio 2025. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/ibram-reforca-importancia-dos-minerios-para-a-transicao-energetica-em-debate-em-brasilia/>. Acesso em: 17 mai. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Hydrogen. c2024. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/hydrogen>. Acesso em: 17 mai. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Iron and Steel Technology Roadmap. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>. Acesso em: 21 jul. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Iron and Steel Technology Roadmap. Paris: IEA, 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Indicadores de Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.acobrasil.org.br/site/indicadores-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 15 mai. 2025.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Patentes. [Brasília, DF]: INPI, 12 maio 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>. Acesso em: 01 mai. 2025.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. In: CORE WRITING TEAM; LEE, H.; ROMERO, J. (Eds.). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. p. 35-115. DOI: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00>. Acesso em: 12 mai. 2025.

JAYACHANDRAN, M. et al. Challenges in achieving sustainable development goal 7: Affordable and clean energy in light of nascent technologies. Sustainable Energy Technologies and Assessments, v. 53, 102692, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102692>. Acesso em: 2 mai. 2025.

LEITE, André da Costa; MENDONÇA, Claudio Márcio Campos de; OLIVEIRA, Werbeston Douglas de. Gestão da inovação: um olhar sobre os núcleos de inovação e tecnologia do Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 40, e27229, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cct>. Acesso em: 18 jan. 2025.

PINSKY, Vanessa Cuzziol; GOMES, Clandia Maffini; KRUGLIANSKAS, Isak. Metas brasileiras no Acordo de Paris: reflexões sobre o papel das universidades. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 335-362, maio/ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v8i2.11229>. Acesso em 05 jun. 2025

QUEIROZ, Daniela Palhuca do Nascimento et al. Núcleos de Inovação Tecnológica: a Aproximação das Universidades com o Setor Produtivo Brasileiro. **Ensaio e Ciências, Campo Grande**, v. 26, n. 2, p. 212-216, 2022. Acesso em 22 ago. 2025.

SANTOS, LARIANE ALMEIDA. Metodologias de avaliação de investimento como suporte à decisão ex-ante e ex-post no desenvolvimento de patentes em ICTs públicas brasileiras: um estudo sobre a perspectiva da redução de risco de stranded patents. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) – Instituto Federal da Bahia, Salvador, 119 f, 2024. Acesso em: 08 mai. 2025

SHUAI, J. et al. The impact of the EU's Carbon Border Adjustment Mechanism on the global iron and steel trade and emission reduction. Environmental Science and Pollution Research, v. 31, p. 21524-21544, 2024. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-32528-2>. Acesso em: 14 mai. 2025.

SILVA JÚNIOR, A. C.; ANDRADE, J. C. S. Tecnologias mais limpas e desenvolvimento sustentável no Brasil: contribuição do projeto MDL. Raccf. Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE, Ribeirão Preto, 4. ed., p. 1-16, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/26034>. Acesso em: 11 mai. 2025.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Guidelines for National Cleaner Production Centres and Programmes. Nairobi: UNEP, 2016. Acesso em 12 jul. 2025

UNTERSTELL, N.; LA ROVERE, E. (coord.). Clima e desenvolvimento: visões para o Brasil 2030: documento de cenários e políticas climáticas. Rio de Janeiro: Centro Clima: Instituto Talanoa, 2021. Disponível em: <https://clima2030.org/wp-content/uploads/2022/08/Clima-e-Desenvolvimento-Visoes-para-o-Brasil-2030-Documento-de-Cenario-e-Politiclas-Climaticas-15-out-2021.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

VEIGA, Pedro da Motta; RIOS, Sandra Polónia. **O CBAM da União Europeia: dos Desafios da Implementação aos Impactos sobre Países em Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: CINDES, 2024. Acesso em 18 fev. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. Global Annual to Decadal Climate Update 2024-2028. Genebra, 2024. Disponível em: <https://library.wmo.int/idurl/4/68910>. Acesso em: 29 abr. 2025.



WOBETTO, S. Dossiê Mudanças Climáticas: Segurança alimentar em xequê. Revista Arco, 13. ed., 29 fev. 2024. Disponível em: <https://www.ufsm.br/midias/arco/seguranca-alimentar-em-xequê>. Acesso em: 11 mai. 2025.