

INOVAÇÃO, TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E MERCADOS DE CARBONO: O PAPEL DO SBCE NA REINDUSTRIALIZAÇÃO VERDE NO BRASIL

Talles Ronieri Freire Tonelli¹
Irla Maria Santos Pereira²
Isadora Almeida Lino Vieira³
Gustavo Pereira da Cruz⁴

RESUMO: A crescente adoção de instrumentos econômicos para mitigação das mudanças climáticas tem reposicionado os mercados de carbono como elementos centrais da política ambiental contemporânea. No Brasil, a instituição do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), pela Lei nº 15.042/2024, representa um marco regulatório relevante. Contudo, permanece em aberto sua capacidade de induzir transferência de tecnologia (TT) e inovação, essenciais à reindustrialização verde. Este artigo analisa como a literatura recente e documentos técnicos abordam a relação entre mercados regulados de carbono e TT. Adota-se revisão integrativa da literatura, com base em estudos publicados entre 2004 e 2024 nas bases SciELO e ScienceDirect, além de documentos institucionais. Os resultados indicam que experiências internacionais demonstram potencial de indução de inovação, mas dependem de políticas complementares e arranjos institucionais. No caso brasileiro, observa-se um descompasso entre a sofisticação regulatória e a fragilidade dos instrumentos de inovação. Conclui-se que o SBCE possui potencial para promover TT e inovação, mas sua efetividade depende da articulação com o sistema nacional de inovação.

Palavras-chave: Mercado de carbono. Sbce. Transferência de tecnologia. Eco inovação. Reindustrialização verde.

¹ Economist and master's student in PROFNIT at Santa Cruz State University – UESC.

² Undergraduate student and teaching assistant at DCAC at Santa Cruz State University – UESC.

³ Advertising graduate at UNIFACS and graduate student in Cultural Management at Santa Cruz State University – UESC.

⁴ PhD researcher and professor at DCAC and PROFNIT at Santa Cruz State University – UESC.

ABSTRACT: The increasing adoption of economic instruments to address climate change has positioned carbon markets as central elements of contemporary environmental policy. In Brazil, the establishment of the Brazilian Emissions Trading System (SBCE) through Law No. 15.042/2024 represents an important regulatory milestone. However, questions remain regarding its capacity to effectively induce technology transfer (TT) and innovation, which are essential for a green reindustrialization pathway. This article analyzes how recent literature and technical documents address the relationship between regulated carbon markets and TT. An integrative literature review was conducted based on studies published between 2004 and 2024 in SciELO and ScienceDirect databases, as well as institutional documents. The results indicate that international experiences demonstrate potential for fostering innovation, but these effects depend on complementary policies and institutional arrangements. In the Brazilian case, a gap is observed between the sophistication of the regulatory framework and the weakness of innovation-supporting instruments. It is concluded that the SBCE has the potential to promote TT and innovation, but its effectiveness depends on its articulation with the national innovation system.

Keywords: Carbon market. Brazilian Emissions Trading System. Technology transfer. Eco-innovation. Green reindustrialization.

1. INTRODUÇÃO

A emergência climática recolocou a política ambiental no centro da agenda de desenvolvimento, impulsionando a adoção de instrumentos econômicos, como tributos ambientais e mercados de carbono, concebidos para corrigir falhas de mercado associadas às externalidades das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (MOTTA, 2000; MOTTA, 2006). O Acordo de Paris aprofundou esse movimento ao estabelecer uma arquitetura baseada em contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) e mecanismos de cooperação internacional, tornando explícito que o apoio financeiro, a transferência de tecnologia (TT) e o fortalecimento de capacidades são condições essenciais para compatibilizar crescimento econômico e descarbonização em países em desenvolvimento (UNFCCC, 2015; BRASIL, 2016).

Nesse contexto, a Lei nº 15.042/2024 instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), concebido como um sistema de cap-and-trade com limites agregados de emissões, permissões negociáveis e regras de monitoramento, relato e verificação (MRV), representando um avanço relevante na institucionalização da política

climática no Brasil (BRASIL, 2024; NEWELL; PIZER; RAIMI, 2013). Entretanto, a literatura de economia ambiental e de inovação indica que instrumentos de precificação de carbono, embora eficazes para induzir eficiência alocativa, não asseguram, de forma automática, processos de transformação tecnológica ou mudança estrutural, especialmente em economias com fragilidades em seus sistemas de inovação (STAVINS, 2003; JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005).

Diante desse cenário, emerge a seguinte questão de pesquisa: em que medida o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) é capaz de induzir processos efetivos de transferência de tecnologia e inovação, contribuindo para uma trajetória de reindustrialização verde no Brasil, ou se limitará a promover estratégias de adequação de menor custo baseadas na adoção de tecnologias já disponíveis no mercado internacional?

Essa questão ganha relevância à luz das evidências internacionais. Experiências como o Sistema Europeu de Comércio de Emissões (EU ETS) sugerem que mercados regulados podem estimular inovação e difusão tecnológica quando articulados a políticas de apoio à pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P&D&D), bem como a mecanismos institucionais que ampliem a capacidade de absorção tecnológica (ELLERMAN; BUCHNER, 2007; DECHEZLEPRÊTRE; GLACHANT, 2014). Por outro lado, a literatura sobre mudança tecnológica induzida destaca que, na ausência dessas condições, a precificação de carbono tende a gerar apenas ajustes marginais, sem efeitos significativos sobre a base produtiva e inovativa (POPP, 2010; OECD, 2017).

No caso brasileiro, o debate sobre o SBCE tem sido fortemente orientado por aspectos regulatórios, institucionais e de competitividade, com menor ênfase na compreensão dos mecanismos concretos que conectam mercados de carbono à dinâmica de inovação e transferência de tecnologia (LA ROVERE; PEREIRA, 2017; YOUNG, 2020). Esse padrão evidencia uma lacuna analítica relevante, especialmente no que se refere ao papel de instituições intermediárias, como os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), e à articulação entre política climática e sistema nacional de inovação.

Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar como a literatura recente e documentos técnicos tratam a relação entre o SBCE e a transferência de tecnologia, discutindo em que medida esse mercado regulado pode contribuir para estratégias de reindustrialização verde no Brasil. Especificamente, busca-se mapear as principais propostas relacionadas ao mercado regulado de carbono no país, identificar os mecanismos de transferência de tecnologia

associados à operação desses instrumentos — com base em experiências internacionais — e organizar os achados em eixos temáticos que evidenciem lacunas e implicações para políticas públicas.

A relevância do estudo reside em sua contribuição para o avanço do debate sobre política climática e desenvolvimento sob uma perspectiva orientada pela inovação. Ao integrar a discussão sobre precificação de carbono com a literatura de sistemas de inovação e mudança estrutural, o artigo contribui para compreender em que condições o SBCE pode transcender sua função regulatória e atuar como instrumento de transformação tecnológica e produtiva.

O artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A seção seguinte apresenta o referencial teórico, abordando os fundamentos dos mercados de carbono, da eco inovação e da transferência de tecnologia. Em seguida, a seção metodológica descreve os procedimentos adotados na revisão integrativa da literatura. A seção de resultados e discussão apresenta a análise dos estudos selecionados, organizada em eixos temáticos. Por fim, são apresentadas as perspectivas futuras e as considerações finais do estudo.

2. MERCADO DE CARBONO, INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

A literatura sobre mercados de carbono de tipo *cap-and-trade* fundamenta-se na premissa de que as emissões de gases de efeito estufa podem ser tratadas como ativos ambientais com valor econômico, cuja escassez é definida por decisões regulatórias e operacionalizada por sistemas de permissões negociáveis (TIETENBERG, 2006; NEWELL; PIZER; RAIMI, 2013). Esse arranjo permite internalizar externalidades ambientais e promover reduções de emissões de forma custo-efetiva, ao criar incentivos econômicos para que agentes com menores custos marginais de abatimento comercializem excedentes com aqueles que enfrentam custos mais elevados (STAVINS, 2003; MOTTA, 2006). Nesse sentido, os mercados de carbono inserem-se na tradição dos instrumentos econômicos de política ambiental, voltados à promoção de eficiência alocativa.

Entretanto, a literatura contemporânea ressalta que a relevância desses instrumentos ultrapassa a eficiência estática, ao incorporar uma dimensão dinâmica associada à mudança tecnológica. A abordagem da economia da inovação ambiental argumenta que políticas climáticas operam em um contexto de múltiplas falhas de mercado, envolvendo não apenas externalidades ambientais, mas também falhas na geração e difusão de conhecimento (JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005). Nessa perspectiva, a precificação do carbono atua como um sinal

econômico que altera os preços relativos entre tecnologias intensivas e não intensivas em carbono, influenciando decisões de investimento e trajetórias tecnológicas (POPP, 2010). Contudo, esse efeito depende da interação com políticas complementares, uma vez que mercados, isoladamente, tendem a subinvestir em inovação.

Esse argumento é reforçado pela literatura sobre eco inovação, que compreende a inovação ambiental como resultado de processos sistêmicos que envolvem a interação entre políticas públicas, estruturas de mercado e sistemas de conhecimento (KEMP; PEARSON, 2007; IPEA, 2016). A eco inovação abrange não apenas novas tecnologias, mas também mudanças organizacionais, institucionais e de modelo de negócio, sendo fortemente dependente de capacidades de aprendizado, coordenação e absorção tecnológica. Nesse sentido, a precificação de carbono pode funcionar como gatilho para a eco inovação, mas sua efetividade está condicionada à existência de um ambiente institucional capaz de sustentar esses processos.

A transferência de tecnologia (TT) insere-se nesse contexto como mecanismo central para a difusão de inovações de baixo carbono, especialmente em países em desenvolvimento. Os principais canais de TT incluem investimento estrangeiro direto, licenciamento de tecnologias, cooperação em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e redes de colaboração entre universidades e empresas (MASKUS; OKEDIJI, 2010). No entanto, a literatura destaca que a TT não é um processo automático nem neutro, sendo fortemente condicionada por assimetrias tecnológicas, regimes de propriedade intelectual e capacidades locais de absorção. Em contextos de baixa capacidade institucional, há o risco de que a transferência se limite à adoção de tecnologias prontas, sem internalização de conhecimento e sem desenvolvimento de capacidades inovativas endógenas.

Essa problemática dialoga diretamente com a literatura sobre sistemas de inovação, segundo a qual o desempenho tecnológico de uma economia depende da articulação entre atores, instituições e políticas que regulam a produção, difusão e uso do conhecimento. Nesse contexto, a efetividade de mercados de carbono como indutores de inovação depende de sua integração ao sistema nacional de inovação, incluindo instrumentos de fomento à pesquisa, políticas industriais e mecanismos de coordenação entre Estado, empresas e instituições científicas (OECD, 2017; WORLD BANK, 2022).

No caso brasileiro, essa articulação é institucionalmente mediada, em grande medida, pelos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), instituídos pela Lei nº 10.973/2004, que lhes atribui a responsabilidade pela gestão da política de inovação, proteção da propriedade

intelectual e promoção da transferência de tecnologia nas Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) (BRASIL, 2004; LOUSADA, 2013). Esses núcleos desempenham papel estratégico na transformação do conhecimento científico em ativos econômicos, ao estruturar processos de proteção, licenciamento e comercialização de tecnologias.

A literatura sobre propriedade intelectual reforça que os regimes de PI exercem papel ambivalente na dinâmica da inovação: ao mesmo tempo em que incentivam a geração de novas tecnologias ao garantir retornos privados, podem restringir sua difusão, especialmente em contextos de desigualdade tecnológica entre países (MASKUS; OKEDIJI, 2010). No campo da eco inovação, essa tensão torna-se particularmente relevante, uma vez que a urgência climática demanda tanto inovação quanto ampla disseminação de tecnologias de baixo carbono. Assim, a gestão estratégica de portfólios de patentes verdes e de acordos de licenciamento torna-se elemento central para equilibrar proteção e difusão tecnológica.

No Brasil, estudos sobre patentes verdes indicam que a propriedade intelectual pode atuar tanto como indicador quanto como vetor da dinâmica de eco inovação, ao refletir padrões de especialização tecnológica e capacidade de geração de conhecimento (CAMPOS; RUIZ; CUNHA, 2015). Em um contexto de expansão de mercados regulados de carbono, como o SBCE, a valorização econômica de tecnologias de baixo carbono tende a ampliar a relevância estratégica desses instrumentos, reforçando a necessidade de integração entre política climática e política de inovação.

Por fim, a literatura sobre desenvolvimento em economias periféricas enfatiza que a efetividade de instrumentos como mercados de carbono depende de sua articulação com estratégias mais amplas de mudança estrutural. A noção de ativos ambientais como base para o desenvolvimento sugere que políticas climáticas devem ser integradas a agendas de diversificação produtiva, fortalecimento industrial e construção de capacidades tecnológicas domésticas (YOUNG, 2005; YOUNG, 2020; LA ROVERE; PEREIRA, 2017). Na ausência dessa articulação, há o risco de que mercados de carbono se limitem a induzir estratégias de adaptação de menor custo, sem impactos significativos sobre a estrutura produtiva e inovativa.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada estruturou-se como revisão integrativa de literatura, conforme proposto por Botelho, Cunha e Macedo (2011), com o objetivo de assegurar sistematização, abrangência e rigor analítico na investigação da interface entre mercados regulados de carbono

e transferência de tecnologia (TT). Essa abordagem mostrou-se adequada ao objeto de estudo por permitir a articulação de diferentes tipos de evidência — incluindo estudos empíricos, contribuições teóricas e documentos técnicos —, característica essencial para compreender um fenômeno situado na interseção entre economia ambiental, política pública e sistemas de inovação.

A revisão seguiu as seis etapas clássicas desse tipo de abordagem: definição do tema, estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, definição das informações a serem extraídas dos estudos, avaliação crítica do material selecionado, interpretação e síntese dos resultados e, por fim, apresentação da revisão. O foco analítico concentrou-se na forma como a literatura recente tem tratado a interface entre mercados regulados de carbono, com ênfase no Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), e a transferência de tecnologia como vetor de reindustrialização verde no Brasil.

Foram incluídos estudos que abordassem simultaneamente mercados regulados de carbono ou instrumentos de precificação associados, como sistemas de cap-and-trade e tributos de carbono, e mecanismos de transferência de tecnologia, eco inovação ou difusão de tecnologias de baixo carbono. O recorte temporal compreendeu o período de 2004 a 2024, considerando, de um lado, a promulgação da Lei nº 10.973/2004, que estabeleceu bases institucionais relevantes para a transferência de tecnologia no Brasil, e, de outro, a consolidação recente do debate sobre mercados de carbono no país. Foram excluídos trabalhos que tratassem de temas ambientais sem conexão com instrumentos de precificação de carbono, bem como aqueles centrados exclusivamente em mercados voluntários sem articulação com regimes regulados ou com a construção do SBCE.

A triagem dos estudos ocorreu em duas etapas complementares. Inicialmente, procedeu-se à leitura de títulos e resumos para verificar a aderência temática ao foco analítico da pesquisa. Em seguida, os trabalhos considerados relevantes foram submetidos à leitura integral, de modo a assegurar sua efetiva contribuição para a análise proposta.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases SciELO e ScienceDirect, selecionadas em função de sua relevância na indexação de periódicos nas áreas de economia, administração, políticas públicas e estudos ambientais. Foram aplicados filtros para restringir os resultados a artigos revisados por pares, publicados entre 2004 e 2024, nos idiomas português e inglês. A estratégia de busca combinou descritores em ambos os idiomas, incluindo expressões como “mercado de carbono” ou “carbon market”, “Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões” ou

“SBCE”, “transferência de tecnologia” ou “technology transfer” e “eco inovação” ou “eco-innovation”. Essas expressões foram articuladas por meio de operadores booleanos, permitindo combinações como “carbon market” AND “technology transfer” AND “Brazil” e “SBCE” AND “transferência de tecnologia”, com o objetivo de refinar os resultados e garantir maior aderência temática. Duplicidades foram identificadas e removidas previamente à etapa de triagem.

Além dos artigos acadêmicos, foram incluídos documentos técnicos produzidos por órgãos governamentais e entidades empresariais, obtidos em portais institucionais da Confederação Nacional da Indústria (CNI), do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), do Ministério da Fazenda, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), do Centro de Debates de Políticas Públicas (CDPP) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). A inclusão desses documentos justifica-se pelo caráter ainda emergente do SBCE, cuja discussão se desenvolve de forma significativa em arenas institucionais e regulatórias. Esses materiais contribuíram para captar propostas de desenho do mercado de carbono no Brasil, análises sobre os impactos da precificação na competitividade industrial e recomendações voltadas à articulação entre política climática, inovação e transferência de tecnologia.

Para cada estudo incluído, foram extraídas informações relativas ao objetivo e à questão de pesquisa, à abordagem metodológica adotada, ao escopo geográfico, ao tipo de instrumento de mercado analisado e aos mecanismos de transferência de tecnologia discutidos, bem como aos principais resultados e conclusões. Essa sistematização buscou garantir comparabilidade entre os estudos e consistência na organização dos dados.

A análise dos dados foi conduzida por meio de codificação temática, permitindo a identificação de padrões recorrentes, convergências e lacunas na literatura. Esse procedimento possibilitou a organização dos achados em categorias analíticas que orientaram a seção de resultados, estruturadas em três eixos principais: o desenho regulatório e as capacidades institucionais, as evidências internacionais sobre mudança tecnológica induzida e as lacunas estruturais do caso brasileiro. Dessa forma, a análise não se limitou à descrição dos estudos, mas buscou interpretar os mecanismos subjacentes que conectam mercados de carbono e transferência de tecnologia.

Como limitação metodológica, destaca-se a concentração da busca em duas bases de dados, o que pode restringir a abrangência de estudos internacionais. Além disso, a inclusão de

documentos técnicos, embora necessária para captar o estado atual do debate sobre o SBCE, implica lidar com materiais de natureza heterogênea em termos metodológicos. Ainda assim, essa escolha é coerente com a proposta da revisão integrativa e com o estágio de maturidade do tema no contexto brasileiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Panorama do mapeamento

A aplicação da estratégia de busca nas bases SciELO e ScienceDirect resultou em 84 registros iniciais (80 na SciELO e 4 na ScienceDirect). Após a remoção de duplicidades e a triagem por título e resumo, foram excluídos estudos com relação apenas tangencial aos mercados regulados de carbono ou à transferência de tecnologia (TT), bem como aqueles centrados exclusivamente em mercados voluntários sem articulação com instrumentos regulatórios. Ao final, 11 artigos atenderam aos critérios de elegibilidade e foram analisados em profundidade, juntamente com documentos técnicos de órgãos governamentais e entidades empresariais, totalizando 14 estudos.

Esse procedimento segue os princípios da revisão integrativa, que permite articular evidências empíricas, contribuições teóricas e documentos normativos na análise de fenômenos complexos em contextos organizacionais e institucionais (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011). Tal abordagem mostra-se particularmente adequada ao tema, dado o caráter híbrido do debate sobre mercados de carbono, situado na interseção entre economia ambiental, política pública e sistemas de inovação.

O conjunto analisado (Quadro 1) evidencia uma assimetria estrutural na literatura. Os estudos empíricos concentram-se em países desenvolvidos, especialmente no contexto do EU ETS e de tributos de carbono, com foco em indicadores agregados como emissões, produtividade e inovação (ELLERMAN; BUCHNER, 2007; DECHEZLEPRÊTRE; NACHTIGALL; VENMANS, 2018; METCALF; STOCK, 2020). Esses trabalhos dialogam com a tradição dos instrumentos econômicos da política ambiental, segundo a qual mecanismos de mercado podem internalizar externalidades e induzir eficiência alocativa (TIETENBERG, 2006; STAVINS, 2003).

No entanto, mesmo nesses estudos, a transferência de tecnologia aparece de forma indireta e pouco operacionalizada, frequentemente subsumida ao debate mais amplo sobre

mudança tecnológica induzida por políticas ambientais (JAFÉ; NEWELL; STAVINS, 2005; POPP, 2010).

Quadro 1 – Síntese dos estudos e documentos incluídos na revisão.

Tipo de documento	Contexto/foco geográfico	Mecanismos de TT / eco inovação mencionados	Principais contribuições para SBCE e TT
Artigo empírico	Europa	Investimentos em ativos de baixo carbono, P&D e patentes verdes	Evidência que mercados regulados podem reduzir emissões sem comprometer desempenho econômico e induzir modernização tecnológica.
Artigo teórico	Internacional	Incentivos à inovação via preço do carbono	Discute como tetos de emissões e permissões negociáveis criam incentivos dinâmicos para tecnologias de baixo custo de mitigação.
Artigo empírico	Europa / OCDE	Investimentos em eficiência energética	Mostra que precificação via tributos pode reduzir emissões com efeitos neutros ou positivos sobre crescimento no médio prazo.
Artigo empírico	Brasil (florestas)	Aprendizado em projetos, soluções baseadas na natureza, manejo sustentável	Indica potencial de eco inovação em bioeconomia florestal, mas aponta riscos de conflitos socioambientais.
Artigo empírico	Brasil (comunidades tradicionais)	Tecnologias de monitoramento e manejo, arranjos de governança local	Evidencia assimetrias de poder e desafios de repartição de benefícios em projetos de carbono.
Ensaio teórico	América Latina / Brasil	Estratégias de desenvolvimento baseadas em ativos ambientais	Argumenta que mercados de carbono devem estar articulados a estratégias de diversificação produtiva e aumento de conteúdo tecnológico doméstico.
Policy paper	Brasil (SBCE)	Destinação de receitas para fundos de P&D, infraestrutura de MRV	Propõe diretrizes para o desenho do SBCE, enfatizando estabilidade regulatória e competitividade industrial.

10

Fonte: Elaboração própria, (2026).

4.2. Interpretação crítica do caso brasileiro

No Brasil, a produção é predominantemente composta por policy papers e documentos institucionais voltados ao desenho do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), recentemente instituído pela Lei nº 15.042/2024. Esses documentos dialogam com a trajetória da política climática nacional, ancorada nos compromissos internacionais assumidos no âmbito da

UNFCCC e do Acordo de Paris (UNFCCC, 2015; BRASIL, 2016), e refletem esforços de alinhamento entre mitigação de emissões e competitividade industrial (CNI, 2023; CEBDS, 2021).

Contudo, diferentemente da literatura internacional, observa-se escassez de evidências empíricas sobre os efeitos da precificação de carbono na dinâmica tecnológica brasileira. A transferência de tecnologia aparece majoritariamente como expectativa normativa, associada à ideia de que o mercado de carbono pode impulsionar a modernização produtiva e a reindustrialização verde (YOUNG, 2020; VIOLA; FRANCHINI, 2018).

Esse padrão revela um descompasso importante: o debate nacional encontra-se relativamente avançado na dimensão regulatória, mas ainda incipiente na compreensão dos mecanismos concretos de geração e difusão de capacidades tecnológicas.

4.3 Mecanismos de transferência de tecnologia

A literatura internacional indica que mercados regulados de carbono operam como indutores indiretos de mudança tecnológica, ao criar incentivos econômicos para a inovação e a adoção de tecnologias mais limpas (JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005). Nesse contexto, a transferência de tecnologia ocorre predominantemente por difusão via mercado, associada à modernização do capital produtivo, ao aumento de investimentos em P&D e à expansão de patentes ambientais (DECHEZLEPRÊTRE; GLACHANT, 2014).

Entretanto, esses efeitos dependem de condições institucionais específicas, incluindo previsibilidade regulatória, intensidade do preço do carbono e presença de políticas complementares de inovação (OECD, 2017; WORLD BANK, 2022). A literatura sobre eco inovação reforça que mudanças tecnológicas ambientalmente orientadas resultam da interação entre políticas públicas, mercados e sistemas de conhecimento (KEMP; PEARSON, 2007; IPEA, 2016).

No caso brasileiro, os mecanismos de TT apresentam caráter mais fragmentado. Em mercados voluntários e projetos REDD+, predominam formas de aprendizado localizado e difusão de práticas, especialmente em tecnologias de monitoramento e manejo (PAIVA et al., 2015; CORRÊA, 2025). Embora relevantes, esses processos tendem a gerar capacidades incrementais, com limitada internalização de conhecimento tecnológico avançado, além de expor riscos de reprodução de assimetrias socioambientais (FURTADO et al., 2024; RAMOS; HAZEU, 2025).

No âmbito do SBCE, destacam-se propostas de uso de receitas para financiamento de P&D e desenvolvimento de infraestrutura de monitoramento, relato e verificação (MRV). No entanto, tais mecanismos ainda carecem de definição operacional e de integração efetiva com o sistema nacional de inovação, especialmente no que se refere à articulação entre universidades, empresas e estruturas de gestão da propriedade intelectual.

4.4. Síntese temática

A análise permite estruturar a interface entre mercado de carbono e TT em três eixos principais.

(i) Desenho regulatório e capacidades institucionais: O SBCE representa um avanço na internalização de instrumentos econômicos de política ambiental no Brasil (MOTTA, 2000; 2006). Contudo, sua efetividade depende da articulação com políticas de inovação e da construção de capacidades institucionais voltadas à gestão tecnológica.

(ii) Evidências internacionais e mudança tecnológica induzida: Experiências internacionais demonstram que mercados regulados podem estimular inovação e modernização produtiva, mas seus efeitos são condicionais à presença de políticas complementares e arranjos institucionais robustos (NEWELL; PIZER; RAIMI, 2013; OECD, 2017).

(iii) Lacunas estruturais do caso brasileiro: Apesar dos avanços regulatórios, persistem lacunas na integração entre mercado de carbono e sistema de inovação. Destaca-se o papel ainda pouco explorado dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), instituídos pela Lei nº 10.973/2004, como mediadores da transferência de tecnologia e da gestão estratégica da propriedade intelectual (LOUSADA, 2013). A literatura sugere que esses instrumentos são fundamentais para viabilizar a difusão tecnológica em contextos de mudança climática, ao equilibrar incentivos à inovação e acesso ao conhecimento (MASKUS; OKEDIJI, 2010).

4.5. Perspectivas futuras

Os resultados desta revisão indicam que a criação de um mercado regulado de carbono, embora necessária, não é condição suficiente para promover transferência de tecnologia (TT) e reindustrialização verde no Brasil. A evidência internacional demonstra que a TT emerge como resultado de arranjos institucionais complementares — e não como efeito automático da precificação —, evidenciando a coexistência de múltiplas falhas de mercado, relacionadas tanto às externalidades ambientais quanto às limitações na geração e difusão de inovação.

No caso brasileiro, observa-se um descompasso entre a sofisticação do marco regulatório — materializado no SBCE — e a fragilidade dos mecanismos voltados à construção de capacidades tecnológicas domésticas. Na ausência de instrumentos explícitos e articulados, o mercado de carbono tende a induzir estratégias de compliance de menor custo, com predominância de tecnologias importadas e limitada internalização de conhecimento.

Esse resultado reposiciona o debate: o desafio não reside apenas na implementação do SBCE, mas na sua articulação com o sistema nacional de inovação, de modo a converter sinais de preço em processos efetivos de aprendizado, inovação e desenvolvimento tecnológico.

A partir dessa constatação, destacam-se implicações relevantes para políticas públicas e pesquisa. Em termos regulatórios, torna-se necessário detalhar instrumentos específicos de TT na regulamentação infralegal do SBCE, incluindo fundos setoriais de inovação financiados por receitas de leilões, programas de cooperação tecnológica em setores intensivos em emissões e mecanismos contratuais que condicionem o acesso a tecnologias à construção de capacidades locais.

Do ponto de vista institucional, é fundamental integrar de forma mais explícita os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), as Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) e o sistema nacional de inovação à governança do SBCE, por meio de programas de P&D cooperativo, indicadores de patentes verdes e acordos de licenciamento alinhados às metas de descarbonização.

Em termos acadêmicos, as lacunas identificadas apontam para uma agenda de pesquisa aplicada, incluindo estudos empíricos sobre os efeitos da precificação de carbono na inovação no Brasil, análises sobre a atuação de NITs em mercados regulados e investigações que articulem TT, justiça socioambiental e reindustrialização verde.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão integrativa de 14 estudos e documentos técnicos permitiu mapear a interface entre o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e a transferência de tecnologia (TT), revelando três achados centrais. Primeiro, estudos internacionais sobre o EU ETS e tributos de carbono demonstram que mercados regulados podem reduzir emissões, induzir modernização produtiva e estimular investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e patentes ambientais, quando articulados a políticas de inovação e fundos dedicados, configurando canais indiretos de TT relativamente bem

documentados para países da OCDE. Segundo a literatura brasileira enfatiza o SBCE como instrumento estratégico para competitividade e alinhamento ao Acordo de Paris, mas trata inovação e TT de forma genérica, sem detalhar o papel dos NITs, da gestão de propriedade intelectual e dos arranjos de cooperação universidade-empresa. Terceiro, experiências com mercados voluntários e projetos REDD+ indicam potencial de eco inovação, mas também evidenciam riscos de dependência tecnológica e conflitos socioambientais.

Conclui-se que a hipótese do artigo é parcialmente confirmada: o SBCE cria a base regulatória para orientar preços e investimentos, mas não assegura, por si só, uma trajetória de reindustrialização de baixo carbono ancorada em processos consistentes de TT. O principal ponto crítico reside no descompasso entre a sofisticação do marco regulatório e a fragilidade dos instrumentos voltados à construção de capacidades tecnológicas domésticas. Superar essa lacuna requer a incorporação de instrumentos específicos de TT, bem como salvaguardas socioambientais que garantam a construção de capacidades locais. No campo acadêmico, destacam-se como prioridades futuras estudos empíricos sobre inovação e estrutura produtiva, pesquisas sobre a atuação de NITs e investigações que articulem TT, mercado de carbono e justiça socioambiental.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, Luana L. R.; CUNHA, Cristiano C. de A.; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão & Sociedade*, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 dez. 2004.

BRASIL. Intended Nationally Determined Contribution (INDC) towards achieving the objective of the UNFCCC. Brasília, 2016.

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, 11 dez. 2024.

CAMPOS, Gabriel A. T.; RUIZ, Marcia S.; CUNHA, Suzana K. Ecoinovação: uma análise através das patentes verdes no Brasil. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE – ENGEMA, 17., 2015, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FEA-USP, 2015.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Proposta de marco regulatório para o mercado de carbono brasileiro. Rio de Janeiro, 2021.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Proposta da indústria para o mercado regulado de carbono. Brasília, 2023.

CORRÊA, Victor Marchesin. Modelos de REDD+ e seus efeitos socioambientais: comparando iniciativas estatais e o mercado voluntário. *Geopauta*, Ilhéus, v. 9, n. 2, p. 1-25, 2025.

DECHEZLEPRÊTRE, Antoine; GLACHANT, Matthieu. The impact of environmental policy instruments on technological change. In: ARIMURA, Toshi H. (ed.). *Environmental economics and policy studies*. Cheltenham: Edward Elgar, 2014.

DECHEZLEPRÊTRE, Antoine; NACHTIGALL, Daniel; VENMANS, Frank. The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance. *OECD Economics Department Working Papers*, n. 1515, 2018.

ELLERMAN, A. Denny; BUCHNER, Barbara K. The European Union Emissions Trading Scheme: origins, allocation and early results. *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 1, n. 1, p. 66-87, 2007.

FURTADO, Fabrina P. et al. Em nome do clima: capitalismo extrativista e o mercado de compensação florestal na Amazônia. *Ambiente & Sociedade*, v. 27, 2024.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. EcoInovação: revisitando o conceito. Brasília: Ipea, 2016.

JAFFE, Adam B.; NEWELL, Richard G.; STAVINS, Robert N. A tale of two market failures: technology and environmental policy. *Ecological Economics*, v. 54, n. 2-3, p. 164-174, 2005.

KEMP, René; PEARSON, Peter. *Final report MEI project about measuring eco-innovation*. Maastricht: MERIT, 2007.

LA ROVERE, Emilio Lèbre; PEREIRA, Álvaro de Oliveira. *Política climática, desenvolvimento e justiça social no Brasil*. Rio de Janeiro: Garamond, 2017.

LOUSADA, Maria Tereza. Inovação, propriedade intelectual e os núcleos de inovação tecnológica no Brasil. In: SINGEP – SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 4., 2013, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SINGEP, 2013.

MASKUS, Keith E.; OKEDJI, Ruth L. *Intellectual property rights and international technology transfer to address climate change: risks, opportunities and policy options*. Geneva: ICTSD, 2010.

METCALF, Gilbert E.; STOCK, James H. The macroeconomic impact of Europe's carbon taxes. *NBER Working Paper Series*, n. 27488, 2020.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Uso de instrumentos econômicos na gestão ambiental da América Latina e Caribe*. Brasília: Ipea, 2000.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Economia ambiental*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

NEWELL, Richard G.; PIZER, William A.; RAIMI, Daniel. Carbon markets 15 years after Kyoto: lessons learned, new challenges. *Journal of Economic Perspectives*, v. 27, n. 1, p. 123-146, 2013.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Investing in climate, investing in growth*. Paris: OECD, 2017.

PAIVA, Danielle S. et al. Mercado voluntário de carbono: análises de cobenefícios de projetos brasileiros. *Organizações & Sociedade*, v. 22, 2015.

PIRES, Mário A. Política climática e competitividade industrial: implicações do CBAM para o Brasil. *Revista de Economia e Energia*, v. 45, n. 1, p. 89-114, 2022.

POPP, David. Innovation and climate policy. *Annual Review of Resource Economics*, v. 2, p. 275-298, 2010.

RAMOS, Karina M. V.; HAZEU, Marcel T. Mercado de carbono na Amazônia paraense: exploração e violações em comunidades tradicionais. *Serviço Social & Sociedade*, 2025.

STAVINS, Robert N. Experience with market-based environmental policy instruments. In: MÄLER, Karl-Göran; VINCENT, Jeffrey (ed.). *Handbook of environmental economics*. Amsterdam: Elsevier, 2003.

TIETENBERG, Tom. *Emissions trading: principles and practice*. 2. ed. Washington, DC: RFF Press, 2006.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Adoption of the Paris Agreement. Paris: UNFCCC, 2015.

16

VIEIRA, Adriana C. P. et al. O mercado regulado de carbono no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 39, n. 114, 2025.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. *Desordem climática global*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

WORLD BANK. *State and trends of carbon pricing 2022*. Washington, DC: World Bank, 2022.

YOUNG, Carlos E. F. Meio ambiente e desenvolvimento: a emergência dos ativos ambientais. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 20, 2005.

YOUNG, Carlos E. F. Ativos ambientais, desenvolvimento e reindustrialização verde. *Revista de Economia Política*, v. 40, 2020.