



DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DETALHADA

GABRIELLY SOARES DIAS GONÇALVES; JOERBED DOS SANTOS GONÇALVES

RESUMO

Os desafios da sustentabilidade ambiental diante das mudanças climáticas no Brasil representam uma interseção complexa de questões ambientais, econômicas, sociais e políticas. Este vasto país tropical enfrenta uma miríade de desafios decorrentes da intensificação dos eventos climáticos extremos, do desmatamento na Amazônia, da degradação de ecossistemas vitais como o Cerrado e a Mata Atlântica, e das pressões crescentes sobre recursos naturais, como água e solo. O objetivo geral deste estudo foi investigar e compreender os desafios enfrentados pela sustentabilidade ambiental diante das mudanças climáticas no Brasil, visando fornecer *insights* fundamentais para a formulação e implementação de políticas e estratégias eficazes de mitigação e adaptação. A coleta de artigos na literatura foi realizada por meio de uma pesquisa nas bases de dados a seguir: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Sistema de Análise e Recuperação de Literatura Médica Online (Medline). Para a busca dos artigos, foram empregados os seguintes descritores e suas combinações nos idiomas português e inglês: "Sustentabilidade Ambiental", "Mudanças Climáticas" e "Impactos Ambientais". Os critérios de inclusão estabelecidos para a seleção dos artigos compreendiam: publicações em português, inglês e espanhol; artigos completos que abordassem a temática relacionada à revisão integrativa; e artigos publicados e indexados nas bases de dados mencionadas nos últimos dez anos. Superar os desafios da sustentabilidade ambiental e das mudanças climáticas no Brasil exige um esforço conjunto do governo, da sociedade civil, do setor privado e da academia. A educação ambiental e a conscientização da população sobre a importância da preservação ambiental são ferramentas essenciais para promover mudanças de comportamento e construir uma sociedade mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade Ambiental; Mudanças Climáticas; Vulnerabilidade Ambiental; Educação Ambiental; Impactos Ambientais.

1 INTRODUÇÃO

Os desafios da sustentabilidade ambiental diante das mudanças climáticas no Brasil representam uma interseção complexa de questões ambientais, econômicas, sociais e políticas. Este vasto país tropical enfrenta uma miríade de desafios decorrentes da intensificação dos eventos climáticos extremos, do desmatamento na Amazônia, da degradação de ecossistemas vitais como o Cerrado e a Mata Atlântica, e das pressões crescentes sobre recursos naturais, como água e solo. Para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover a sustentabilidade, é fundamental entender a interconexão desses desafios e adotar abordagens integradas que considerem tanto as dimensões ambientais quanto as sociais e econômicas (Thorn; Bogner, 2018).

O Brasil é mundialmente reconhecido pela sua vasta biodiversidade e pelos serviços

ecossistêmicos que oferece, mas enfrenta uma crescente pressão para equilibrar a conservação ambiental com o desenvolvimento econômico (Wei; Wei; Umut, 2023). A Amazônia, por exemplo, é um ponto crítico tanto para a conservação da biodiversidade global quanto para a regulação do clima, atuando como um sumidouro de carbono crucial. No entanto, a taxa alarmante de desmatamento e as atividades de exploração ilegal representam uma ameaça iminente não apenas para a integridade dos ecossistemas amazônicos, mas também para o clima global (Viola, 2022).

O desmatamento na Amazônia é impulsionado por uma variedade de fatores, incluindo a expansão agrícola, a pecuária extensiva, a mineração ilegal e a infraestrutura de transporte. Essas atividades frequentemente ocorrem às custas da destruição de florestas, impactando negativamente não apenas a biodiversidade e os habitats locais, mas também contribuindo para a liberação de grandes quantidades de carbono na atmosfera (Viola, 2001). Além disso, o desmatamento e a degradação florestal podem comprometer os serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do ciclo da água e a moderação do clima regional.

Outro desafio significativo para a sustentabilidade ambiental no Brasil é a degradação do Cerrado, um dos biomas mais ameaçados do país. Apesar de sua importância para a biodiversidade e para a segurança hídrica, o Cerrado tem sido amplamente convertido em áreas agrícolas, especialmente para a produção de soja e criação de gado. Essa conversão de vegetação nativa resulta na perda de habitats naturais, na fragmentação de ecossistemas e na redução da capacidade de armazenamento de carbono do solo.

Além dos desafios específicos relacionados ao desmatamento e à degradação de ecossistemas, o Brasil enfrenta questões mais amplas relacionadas à gestão sustentável de recursos naturais, como água e solo. Mudanças climáticas, urbanização rápida e práticas agrícolas não sustentáveis estão colocando pressão crescente sobre esses recursos, levando à degradação da qualidade da água, à escassez hídrica e à erosão do solo.

O objetivo geral deste estudo foi investigar e compreender os desafios enfrentados pela sustentabilidade ambiental diante das mudanças climáticas no Brasil, visando fornecer *insights* fundamentais para a formulação e implementação de políticas e estratégias eficazes de mitigação e adaptação. Por meio de análises integradas dos principais fatores que contribuem para os desafios ambientais no Brasil, como o desmatamento na Amazônia, a degradação do Cerrado, a gestão insustentável de recursos naturais e os impactos socioeconômicos das mudanças climáticas, realizamos um levantamento bibliográfico para discussão do tema.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Diante do exposto e visando fornecer suporte para a elaboração e/ou aplicação de revisões integrativas no contexto da sustentabilidade ambiental, o presente resumo propõe-se a apresentar as etapas fundamentais de uma revisão integrativa e os aspectos pertinentes a serem levados em conta para a aplicação desse valioso recurso metodológico (Baek *et al.*, 2018). A coleta de artigos na literatura foi realizada por meio de uma pesquisa nas bases de dados a seguir: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Sistema de Análise e Recuperação de Literatura Médica Online (Medline).

Para a busca dos artigos, foram empregados os seguintes descritores e suas combinações nos idiomas português e inglês: "Sustentabilidade Ambiental", "Mudanças Climáticas" e "Impactos Ambientais". Os critérios de inclusão estabelecidos para a seleção dos artigos compreendiam: publicações em português, inglês e espanhol; artigos completos que abordassem a temática relacionada à revisão integrativa; e artigos publicados e indexados nas bases de dados mencionadas nos últimos dez anos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil se destaca por sua rica biodiversidade e recursos naturais abundantes. No

entanto, o país enfrenta sérios desafios socioambientais que exigem ações urgentes e transformadoras. As mudanças climáticas e a insustentabilidade ambiental ameaçam a qualidade de vida da população, os ecossistemas e a própria capacidade de desenvolvimento do país (Barbosa; Alves, 2021).

O desmatamento e a perda da biodiversidade no Brasil representam desafios ambientais urgentes e complexos que têm consequências significativas em níveis local, regional e global. O país abriga uma das maiores extensões de florestas tropicais do mundo, incluindo a vasta e vital Amazônia, o bioma mais biodiverso e um dos principais sumidouros de carbono do planeta. No entanto, as taxas alarmantes de desmatamento, impulsionadas principalmente pela expansão agrícola, pecuária extensiva, exploração madeireira e atividades de mineração ilegal, têm colocado em risco a integridade desses ecossistemas cruciais (Liefländer; Bogner, 2022).

A Amazônia, em particular, enfrenta pressões crescentes devido à expansão de fronteiras agrícolas, invasões de terras públicas, construção de infraestrutura e mudanças no uso da terra. Essas atividades têm causado uma perda irreparável de habitats naturais, levando ao declínio alarmante de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A fragmentação de florestas também pode comprometer a conectividade entre habitats, dificultando o fluxo genético e a migração de espécies, o que pode levar a um empobrecimento genético e à redução da resiliência dos ecossistemas frente às mudanças climáticas e outros estresses ambientais (Viola, 2021).

Além da Amazônia, outros biomas brasileiros também enfrentam sérios desafios de desmatamento e perda de biodiversidade. O Cerrado, por exemplo, é um dos biomas mais ameaçados do mundo devido à conversão de áreas para agricultura e pecuária, com taxas de desmatamento que rivalizam com as da Amazônia. Esse bioma, conhecido por sua rica biodiversidade e importância para a regulação hídrica, está sofrendo uma rápida transformação devido à expansão de monoculturas e urbanização desordenada, resultando na degradação de habitats naturais e na perda de espécies únicas e endêmicas (Soares-Filho, 2010).

A perda de biodiversidade no Brasil não é apenas uma questão ambiental, mas também tem sérias ramificações socioeconômicas. Muitas comunidades indígenas e tradicionais dependem dos recursos naturais fornecidos pela floresta para sua subsistência e identidade cultural, e a destruição desses habitats pode ter impactos devastadores em seu modo de vida e segurança alimentar. Além disso, os ecossistemas saudáveis desempenham um papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do clima, a purificação da água, o controle de enchentes e a polinização, que são essenciais para a sustentabilidade e prosperidade das comunidades locais e da sociedade como um todo (Wei; Wei; Umut, 2023).

Diante desses desafios, é urgente e crucial adotar medidas eficazes para combater o desmatamento e promover a conservação da biodiversidade no Brasil. Isso requer a implementação de políticas e regulamentações mais rigorosas para combater a exploração ilegal de recursos naturais, a expansão descontrolada de fronteiras agrícolas e outras atividades que contribuem para a destruição de habitats naturais. Além disso, é fundamental fortalecer áreas protegidas, reservas indígenas e unidades de conservação, e promover práticas de uso da terra sustentáveis que valorizem a conservação da biodiversidade e a integridade dos ecossistemas. Somente através de uma abordagem integrada e colaborativa envolvendo governos, sociedade civil, setor privado e comunidades locais será possível enfrentar efetivamente o desafio do desmatamento e proteger a rica e única biodiversidade do Brasil para as gerações futuras (Kirikkaleli; Adebayo, 2022).

As mudanças climáticas e os eventos climáticos extremos representam uma ameaça crescente para o Brasil, trazendo consigo uma série de impactos significativos em diferentes regiões do país. Nos últimos anos, tem sido observado um aumento na frequência e na

intensidade de eventos extremos, como secas prolongadas, inundações, tempestades severas e ondas de calor, que têm afetado tanto áreas urbanas quanto rurais e causado danos socioeconômicos e ambientais substanciais (Barbado; Leal, 2021).

Um dos principais impactos das mudanças climáticas no Brasil é a intensificação dos períodos de seca em algumas regiões, especialmente no Nordeste e no Centro-Oeste, que já são naturalmente propensas à escassez de água. A redução das chuvas e o aumento da evaporação têm levado à diminuição dos níveis de reservatórios de água, afetando o abastecimento de água potável, a produção agrícola e a geração de energia hidrelétrica, uma fonte crucial de eletricidade no país (Artaxo, 2020).

Por outro lado, as chuvas intensas e as inundações também se tornaram mais frequentes em algumas áreas, como na região amazônica e no Sul do Brasil, causando enchentes, deslizamentos de terra e danos à infraestrutura e às comunidades locais. Esses eventos extremos têm impactos diretos na segurança alimentar, na saúde pública e na economia, especialmente em áreas vulneráveis e com infraestrutura precária (Frigotto *et al.*, 2023).

Além disso, o aumento das temperaturas médias está contribuindo para o surgimento de ondas de calor mais frequentes e intensas, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, como São Paulo e Rio de Janeiro. Essas ondas de calor representam uma ameaça significativa para a saúde pública, aumentando o risco de doenças relacionadas ao calor e colocando uma pressão adicional nos sistemas de saúde e nas infraestruturas de resfriamento (Scarano; Ceotto; Martinelli, 2016).

A agricultura, um dos pilares da economia brasileira, também está sendo impactada pelas mudanças climáticas e eventos extremos. A variabilidade climática e a ocorrência de secas e inundações podem reduzir a produtividade das safras, aumentar os custos de produção e ameaçar a segurança alimentar, especialmente para pequenos agricultores e comunidades rurais dependentes da agricultura de subsistência (Bustamant, 2019).

Para lidar com esses desafios, é essencial adotar medidas de adaptação e mitigação que fortaleçam a resiliência das comunidades e dos ecossistemas frente às mudanças climáticas. Isso inclui investimentos em infraestrutura resiliente, sistemas de alerta precoce, gestão sustentável de recursos hídricos, diversificação agrícola, proteção de ecossistemas naturais e redução das emissões de gases de efeito estufa (Moura-Neto; Barraclough; Agar, 2019).

A relação entre a poluição ambiental e as mudanças climáticas no Brasil é complexa e multifacetada, com ambos os fenômenos interagindo e exacerbando os impactos um do outro. A poluição ambiental, especialmente a emissão de gases de efeito estufa (GEE) resultantes da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e atividades industriais, é uma das principais causas das mudanças climáticas em escala global. No contexto brasileiro, as emissões de GEE provenientes de atividades como desmatamento, queimadas, agricultura e transporte contribuem significativamente para o aumento das concentrações atmosféricas desses gases, contribuindo assim para o aquecimento global e os eventos climáticos extremos (Arruda Filho *et al.*, 2022).

As mudanças climáticas, por sua vez, intensificam a poluição ambiental e seus impactos no Brasil de várias maneiras. Por exemplo, o aumento das temperaturas e a mudança nos padrões de precipitação podem influenciar a qualidade do ar e da água, afetando a saúde humana e a biodiversidade. Temperaturas mais altas e períodos de seca prolongados podem aumentar o risco de incêndios florestais e queimadas, que liberam grandes quantidades de poluentes atmosféricos e carbono na atmosfera, contribuindo para a poluição do ar e o agravamento do efeito estufa (Artaxo, 2020).

Além disso, as mudanças climáticas podem afetar a distribuição e a concentração de poluentes atmosféricos, aumentando a frequência e a severidade de fenômenos climáticos extremos, como ondas de calor e tempestades, que podem resultar em eventos de poluição atmosférica e contaminação da água. Isso pode ter sérias consequências para a saúde pública,

aumentando o risco de doenças respiratórias, cardiovasculares e outras doenças relacionadas à poluição (Frigotto *et al.*, 2023).

Outro aspecto importante da relação entre poluição ambiental e mudanças climáticas no Brasil é o impacto desses fenômenos sobre os ecossistemas naturais e a biodiversidade. A poluição do ar, da água e do solo pode causar danos irreversíveis aos habitats naturais, diminuindo a qualidade e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a sobrevivência de plantas, animais e ecossistemas inteiros. Isso pode levar à perda de biodiversidade, desequilíbrios ecológicos e mudanças nos padrões de distribuição de espécies, afetando a resiliência e a capacidade de adaptação dos ecossistemas às mudanças climáticas.

A relação entre a gestão insuficiente dos recursos hídricos e as mudanças climáticas no Brasil é uma questão crítica que apresenta desafios significativos para a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável do país. O Brasil é abençoado com uma abundância de recursos hídricos, incluindo grandes rios, aquíferos e vastas áreas úmidas, que desempenham um papel fundamental na sustentação da vida, na produção de alimentos, na geração de energia e em outras atividades econômicas. No entanto, a má gestão desses recursos, aliada aos impactos das mudanças climáticas, está aumentando a pressão sobre os sistemas hídricos e exacerbando os problemas de escassez e poluição da água em diversas regiões do país (Scarano; Ceotto; Martinelli, 2016).

As mudanças climáticas estão alterando os padrões de precipitação e evaporação, aumentando a variabilidade climática e provocando extremos climáticos mais frequentes e intensos, como secas prolongadas e chuvas intensas. Esses eventos climáticos extremos têm impactos diretos na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, afetando a recarga de aquíferos, o fluxo dos rios, a quantidade de água armazenada em reservatórios e a distribuição das chuvas, o que por sua vez compromete a segurança hídrica e a resiliência dos ecossistemas aquáticos.

A gestão inadequada dos recursos hídricos no Brasil agrava os impactos das mudanças climáticas, tornando o país mais vulnerável aos eventos extremos e à escassez de água. A falta de políticas e estratégias integradas de gestão de recursos hídricos, aliada à falta de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento básico, contribui para o desperdício de água, a degradação dos ecossistemas aquáticos, a contaminação dos corpos d'água e a competição por recursos hídricos entre diferentes setores e usuários.

Além disso, a expansão descontrolada de atividades humanas, como agricultura, pecuária, mineração e urbanização, muitas vezes ocorre sem considerar os limites dos recursos hídricos disponíveis e os impactos ambientais associados, levando à exploração excessiva e à degradação de ecossistemas aquáticos sensíveis, como rios, lagos e aquíferos. Isso aumenta a vulnerabilidade das comunidades locais, especialmente aquelas que dependem diretamente dos recursos hídricos para suas necessidades básicas de subsistência, como agricultura, pesca e abastecimento de água potável.

Para enfrentar esses desafios de forma eficaz, é fundamental adotar uma abordagem integrada e sustentável para a gestão dos recursos hídricos, que leve em consideração os impactos das mudanças climáticas e promova a conservação, o uso racional e a proteção dos ecossistemas aquáticos. Isso inclui a implementação de políticas e regulamentações robustas para proteger as áreas de recarga de aquíferos, conservar as áreas de preservação permanente e reservas legais, promover a recuperação de áreas degradadas, investir em infraestrutura hídrica e saneamento básico, e fomentar práticas agrícolas sustentáveis que reduzam o consumo de água e minimizem a contaminação dos recursos hídricos (Coutinho, 2020).

Os desafios sociais e econômicos frente às mudanças climáticas no Brasil representam uma complexa interseção de questões que afetam diretamente a vida das pessoas e o desenvolvimento do país. Em uma nação caracterizada por uma grande diversidade socioeconômica e ambiental, as mudanças climáticas têm o potencial de exacerbar

desigualdades existentes e criar novos obstáculos para o progresso social e econômico (Artaxo, 2022).

Em termos sociais, as mudanças climáticas podem aumentar a vulnerabilidade de comunidades marginalizadas e economicamente desfavorecidas, especialmente aquelas que dependem diretamente de recursos naturais para sua subsistência, como agricultores familiares, povos indígenas e populações ribeirinhas. Eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, enchentes e tempestades, podem resultar na perda de meios de vida, deslocamento forçado, insegurança alimentar, conflitos sociais e aumento da pobreza, agravando as condições de vida de milhões de pessoas em todo o país (Artaxo, 2022).

Além disso, as mudanças climáticas podem impactar negativamente a saúde pública, aumentando o risco de doenças relacionadas ao calor, doenças transmitidas por vetores, poluição do ar e contaminação da água. Populações vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com condições médicas pré-existent, são particularmente suscetíveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas na saúde, o que pode sobrecarregar os sistemas de saúde e diminuir a qualidade de vida das comunidades afetadas.

No âmbito econômico, as mudanças climáticas representam desafios significativos para diversos setores, incluindo agricultura, pecuária, turismo, pesca, infraestrutura e energia. Por exemplo, variações nos padrões de chuva e temperatura podem afetar a produtividade agrícola e pecuária, reduzindo a oferta de alimentos e impactando os preços no mercado. Além disso, eventos climáticos extremos podem danificar a infraestrutura crítica, como estradas, pontes, portos e redes de distribuição de energia, causando interrupções na produção e no abastecimento de bens e serviços essenciais (Frigotto *et al.*, 2023).

A vulnerabilidade econômica do Brasil às mudanças climáticas também é evidenciada pela sua exposição a riscos relacionados ao clima, como desastres naturais e perdas financeiras associadas. Por exemplo, o país enfrenta ameaças crescentes de eventos climáticos extremos, como secas, enchentes, deslizamentos de terra e furacões, que podem causar danos significativos à infraestrutura, propriedades, culturas agrícolas e recursos naturais, resultando em perdas econômicas substanciais e dificuldades de recuperação.

4 CONCLUSÃO

Superar os desafios da sustentabilidade ambiental e das mudanças climáticas no Brasil exige um esforço conjunto do governo, da sociedade civil, do setor privado e da academia. A educação ambiental e a conscientização da população sobre a importância da preservação ambiental são ferramentas essenciais para promover mudanças de comportamento e construir uma sociedade mais sustentável. Fortalecer a governança ambiental e garantir a efetividade da legislação ambiental também são medidas cruciais. O Brasil tem o potencial para se tornar um líder global na transição para uma economia verde e sustentável. Ao investir em energias renováveis, agricultura sustentável, manejo florestal responsável e outras soluções inovadoras, o país pode garantir um futuro próspero para as próximas gerações, em harmonia com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ARRUDA FILHO, Marcos Tavares de *et al.* Brasil e sua política climática desarranjada rumo à COP 27. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, p. e00002, 2022.

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020.

ARTAXO, Paulo. Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da

sustentabilidade. **Revista USP**, n. 135, p. 119-136, 2022.

BARBADO, Norma; LEAL, Antonio Cezar. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e29110313290-e29110313290, 2021.

BARBOSA, Luciana Gomes; ALVES, Maria Alice Santos; GRELLE, Carlos Eduardo Viveiros. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. **Land use policy**, v. 104, p. 105384, 2021.

BUSTAMANTE, Mercedes MC *et al.* Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, p. 1249-1270, 2019.

COUTINHO, Sonia Maria Viggiani *et al.* The Nexus+ approach applied to studies of Impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 3, p. 24-56, 2020.

FRIGOTTO, Sabrina *et al.* O potencial energético renovável do Brasil como vetor apto a retardar a mudança climática. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 10, p. 17662-17677, 2023.

KIRIKKALELI, Dervis; ADEBAYO, Tomiwa Sunday. Political risk and environmental quality in Brazil: role of green finance and green innovation. **International Journal of Finance & Economics**, 2022.

LIEFLÄNDER, A. K.; BOGNER, Franz X. Educational impact on the relationship of environmental knowledge and attitudes. **Environmental Education Research**, v. 24, n. 4, p. 611-624, 2018.

MOURA-NETO, José A.; BARRACLOUGH, Katherine; AGAR, John WM. A call-to-action for sustainability in dialysis in Brazil. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 41, p. 560-563, 2019.

SCARANO, Fabio Rubio; CEOTTO, Paula; MARTINELLI, Gustavo. Climate change and “Campos de altitude”: Forecasts, knowledge and action gaps in Brazil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, 2016.

SOARES-FILHO, Britaldo *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 24, p. 10821-10826, 2010.

THORN, Christine; BOGNER, Franz X. How environmental values predict acquisition of different cognitive knowledge types with regard to forest conservation. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2188, 2018.

VIOLA, Eduardo. Brazil and global governance: the case of climate change. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, v. 2, n. 15, p. 2-24, 2001.

VIOLA, Eduardo; MENDES, Vinícius. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil.

Ambiente & Sociedade, v. 25, p. e02462, 2022.

WEI, Shuxin; WEI, Wenshan; UMUT, Alicano. Do renewable energy consumption, technological innovation, and international integration enhance environmental sustainability in Brazil?. **Renewable Energy**, v. 202, p. 172-183, 2023.