

() Graduação (X) Pós-Graduação

**UM ESTUDO SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA SOB A PERSPECTIVA
MULTINÍVEL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Adriane de Fátima Machado
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná - Unicentro
machadoadriane7@gmail.com

Alvaro José Argemiro da Silva
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná - Unicentro
alvarosilva@unicentro.br

Dr. Sérgio Luis Dias D'Oliveira
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná - Unicentro
sldd@uol.com.br

RESUMO

As transições dos sistemas de energia em um país ou região podem estar ligados ao seu desenvolvimento e progresso (Icaza-Alvarez; Jurado; Tostado-Véliz, 2023), bem como, podem estar ligados ao senso de justiça, uma vez que diferentes regiões em função desse fator podem ser mais ou menos desenvolvidas. Em virtude desse contexto, compreender seus diferentes aspectos e abrangências, são fundamentais para que se possa a partir de exemplo empíricos e práticos, orientar as políticas públicas na tomada de decisões. Com o objetivo de analisar as publicações realizadas no período de 2013 à 2023, relacionadas à matriz energética e às transições sociotécnicas e a perspectiva multinível, realizou-se uma revisão sistêmica, consultando-se as bases de pesquisa da Science Direct, Scielo e Web of Science, selecionando após um processo de análise 20 artigos, que coadunaram com o objetivo da pesquisa, e que possibilitaram compreender que este é um campo em pleno desenvolvimento de pesquisas.

Palavras-chave: Transições sociotécnicas; Perspectiva Multinível; Matriz Energética.

1 INTRODUÇÃO

O cenário contemporâneo apresenta um duplo desafio negativo para a humanidade: a crescente degradação ambiental e a persistente desigualdade social. Neste contexto, o planeta Terra encontra-se em constante evolução, encaminhando-se rumo a uma transição marcada por valores diversos, que demandam uma condução social e coletiva urgente. Esta transformação é resultado de sucessivos surtos de desenvolvimento, os quais, por sua vez, desencadearam problemas sociais e ambientais significativos, culminando em um colapso que ultrapassa as fronteiras. As catástrofes ambientais e os conflitos sociais, exemplificados pela Guerra da Ucrânia, evidenciam as limitações do nosso planeta, instigando a necessidade de repensar e adotar novas práticas e estruturas consolidadas. De forma prática, essa reavaliação inclui a investigação das transformações nos papéis desempenhados e nas relações entre os atores sociais (Geels, 2002; Smith; Raven, 2012).

As transições, intrinsecamente relacionadas a mudanças em práticas e estruturas, são caracterizadas por sua natureza multifacetada (Loobarch, 2007). A incorporação dessas transições na sociedade e cultura é complexa e abrangente, resultando em manifestações e especificações de grande amplitude. A teoria da transição sociotécnica surge como uma estrutura conceitual voltada para o exame e compreensão das mudanças em direção à sustentabilidade (Geels, 2004; Markard; Hekkert; Jacobsson, 2012; Lachman, 2013; Forbord; Hansen, 2020). Essa teoria proporciona uma abordagem robusta para analisar os intrincados processos de transformação na sociedade e cultura, considerando os diversos fatores que influenciam essas transições, desde aspectos tecnológicos até elementos sociais e culturais (Geels, 2011; Kemp; Rotmans, 2010; Smith; Vob; Grin, 2010). Ao se analisar o progresso da incorporação de energias renováveis, sob a ótica da análise multinível, constante na teoria das transições sociotécnicas, é possível compreender a trajetória que a inovação tecnológica deve percorrer até se consolidar no mercado.

A transição energética depende de diferenças econômicas, institucionais e da composição do mix de energia de cada país. Essas mudanças heterogêneas e estratégicas, são implementadas, por meio das políticas de cada nação. As quais variam de acordo com seus objetivos específicos, e, as diversas ferramentas disponíveis em políticas energéticas. Nessa perspectiva esse artigo tem como objetivo, analisar as publicações realizadas no período de 2013 a 2023, relacionadas à Matriz Energética, às transições sociotécnicas e a perspectiva multinível. Pautada no questionamento de quais são principais publicações, autores e

periódicos, no período de 2013 a 2023, que mais contribuíram para o entendimento do tema de pesquisa?

Esta pesquisa se justifica diante do cenário atual do Brasil, onde os avanços na matriz energética, conforme dados fornecidos pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, indicam uma transformação significativa impulsionada pela crescente adoção de energia eólica e solar. O encerramento do ano de 2023 testemunhou um notável crescimento da geração de energias renováveis na matriz elétrica brasileira, alcançando a expressiva marca de 10.324,2 megawatts (MW), em relação a geração de energia em 2022, sendo, 100% provenientes de fontes renováveis. Cumpre destacar que este crescimento é a segunda maior marca desde a fundação da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em 1997 (ANEEL, 2024).

Conforme os registros do Sistema de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), destaca-se que expressivos 83,78% das unidades de produção de energia no país são classificadas como fontes renováveis. A liderança é ocupada pela energia hídrica, representando 55,19% do total, seguida pelas parcelas de energia eólica (14,4%), biomassa (8,43%) e energia solar (5,77%) (ANEEL, 2024).

Este artigo está dividido em quatro seções, além da presente introdução. Inicialmente, será apresentado o referencial teórico, com uma revisão da literatura sobre transições sociotécnicas, bem como a perspectiva multinível. Em seguida, serão detalhados os procedimentos metodológicos adotados. Posteriormente, apresentaremos os resultados e as discussões decorrentes da análise. Finalmente, encerraremos com as considerações finais, proporcionando uma visão abrangente e coerente das temáticas abordadas ao longo do artigo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ESTUDOS DA TRANSIÇÃO

As transições, estão presentes e evidentes em diversos setores, sendo a produção energética um exemplo paradigmático dessas mudanças. No núcleo dos estudos de transição, encontra-se a inovação, que não apenas requer o desenvolvimento de novas indústrias, mas também impõe transformações essenciais nos sistemas já estabelecidos, demandando, ainda, a implementação de políticas voltadas para o longo prazo (Binz; Truffer; Coenen, 2016).

As transições, que se referem a mudanças relacionadas às práticas e estruturas,

possuem uma característica intrínseca de natureza multifacetada, resultando na sua incorporação, de forma significativa, pela sociedade e cultura em geral (Loorbach, 2007). É crucial destacar que a transição não se limita à mera substituição de tecnologias (Elzen; Geels; Green, 2004). No âmbito das transições, não há apenas, uma única linha de pensamento a ser seguida, visto, estar relacionado a múltiplas dimensões, incluindo aspectos geográficos ou espaciais, estruturas globais, justiça e poder, e conflitos de agência (Coenen; Benneworth; Truffer, 2012; Truffer; Coenen, 2012; Binz; Coenen; Truffer, 2016).

No que tange, à teoria sociotécnica, Geels, Elzen e Green (2004, p.2), destacam que "transição" é definida como a "passagem de um estado, palco, assunto ou lugar para outro, ou um movimento, desenvolvimento, ou, evolução de uma forma, estágio ou estilo para outro". Esse conceito é fundamental, e, implica em uma mudança significativa em diversos contextos, podendo abranger transformações em sistemas tecnológicos, sociais ou ambientais (Elzen; Geels; Green, 2004; Loobarch, 2007).

No cerne da abordagem sociotécnica, a noção de transição não se restringe apenas a uma mudança superficial, mas, envolve uma reconfiguração profunda das interações entre elementos sociais e técnicos (Loobarch, 2007). Dessa forma, compreender o processo de transição torna-se essencial para analisar e antecipar as dinâmicas complexas que emergem durante períodos de transformação.

Além disso, o conceito apresentado por Geels, Elzen e Green (2004) destaca, a dinâmica intrínseca à transição, ressaltando que ela não se limita a um evento isolado, mas sim a um processo contínuo. Essa perspectiva temporal ampliada sugere que as transições sociotécnicas envolvem não apenas momentos pontuais, mas uma sequência de eventos interligados ao longo do tempo (Geels, 2011; Markad; Raven; Truffer, 2012; Smith; Vob; Grin, 2010).

No estudo das transições, pode-se verificar a existência de duas gerações distintas: a primeira se concentra nas inovações emergentes e na resistência das estruturas estabelecidas diante das alterações nos regimes sociotécnicos; já a segunda geração está agregada à aceleração das transformações sociotécnicas (Kemp, 1994; Rip; Kempt, 1998; Geels, 2002; Smith; Vob; Grin, 2010; Geels, 2018).

Essas transformações, que são manifestações e especificações extremamente complexas e abrangentes, têm sido objeto, de crescente interesse pelas ciências sociais, especialmente no estudo de transições sociotécnicas, inovações de sistemas e tecnologias sustentáveis nas últimas décadas (Geels, 2004; Markard; Truffer, 2008; Grin; Rotmans; Schot,

2010; Markard; Raven; Truffer, 2012; Geels; Kern; Fuchs; Hinderer; Kungl; Mylan; Neukirch; Wassermann, 2016).

Assim, ao incorporar essas diretrizes conceituais, a compreensão da teoria sociotécnica e de sua aplicabilidade na investigação de transições, recebe uma extensão mais profunda e abrangente, oferecendo entendimento valioso para a compreensão dos desafios e oportunidades inerentes aos períodos de mudança (Geels, 2002).

Inicialmente concebidas como a alteração de trajetórias na sociedade e em diversos sistemas, as transformações revelam uma natureza imprevisível, desafiando qualquer tentativa de previsão precisa (Geels, 2002; Geels, 2004). Contudo, esse caráter imprevisível não significa, a inexistência da possibilidade, de um planejamento parcial. Ao contrário, as transformações podem ser parcialmente planejadas, ganhando vida por meio de uma perspectiva mais ampla e estrutural (Geels; Schott, 2010; Kemp, 1994). Elas transcendem as simples modificações, incorporando uma quantidade de outros aspectos ao seu contexto. Essa riqueza de elementos interconectados caracteriza-as como transições sociotécnicas, onde a imprevisibilidade coexiste harmoniosamente com a capacidade de planejamento (Geels; Schott, 2010; Kemp, 1994).

A construção desse contexto estrutural, leva a considerar que qualquer modificação, implica uma interação de elementos efetivos postos em prática (Geels, 2010; 2011). Todavia, é crucial observar que o processo de transição não se limita exclusivamente ao desenvolvimento de novas tecnologias, mas abrange diversos estágios relacionados, à maturidade dessas tecnologias, considerando inclusive, a possibilidade de seu eventual declínio. Vale ressaltar que a perspectiva dos Sistemas Tecnológicos de Inovação ainda não está completamente preparada para abordar esses desafios (Markard; Hekkert; Jacobson, 2015).

Ao explorar a dinâmica da transição, torna-se evidente que a evolução tecnológica está intrinsecamente ligada a diferentes fases, desde a concepção até o declínio eventual de uma tecnologia (Bergek; Hekkert; Jacobsson; Sandén; Truffer, 2015). Esta compreensão ampliada destaca a importância de considerar não apenas o surgimento de inovações, mas também a sua execução, difusão e, eventualmente, o seu ciclo de vida completo.

2.2. TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA

A teoria da transição sociotécnica, delineada como um arcabouço conceitual, para

analisar e compreender as transformações em direção à sustentabilidade (Geels, 2004; Markard; Raven; Truffer, 2012; Lachman, 2013; Forbord; Hansen, 2020), destaca a complexidade intrínseca dos sistemas sociotécnicos. Segundo Geels (2004, p. 20), “um sistema sociotécnico abrange uma ampla gama de elementos, como tecnologia, regulamentação, práticas de usuários, mercados, significado cultural, infraestrutura, redes de manutenção e redes de abastecimento”.

Fundamentada na teoria neo-institucional, a abordagem a qual identifica três tipos de normas em um regime tecnológico: cognitivas, englobando sistema de crenças, princípios orientadores, metas e agendas de inovação; regulativas, que incluem padrões regulamentados e leis; e normativas, investigando a influência dos vínculos interpessoais, valores e normas de conduta no cenário em questão (Geels, 2002; 2004; 2006; 2011; Geels; Kemp, 2007; Geels; Schot, 2007).

A transição sociotécnica, emerge como resposta a exposição da complexidade das questões sociais (Elzen; Geels; Green, 2004). Nesse contexto, tornou-se imperativo expandir a abordagem inicialmente focada apenas na tecnologia para uma visão sociotécnica abrangente. Dessa forma, Geels; Schot (2007, p. 399-400) definem o regime sociotécnico como “uma versão estendida do regime tecnológico de Nelson e Winter (1982), referindo-se a rotinas cognitivas compartilhadas na comunidade de engenharia e explicando o desenvolvimento padronizado ao longo das trajetórias tecnológicas”.

Observa-se então, um interesse crescente nos sistemas e na inovação, visando impulsionar a eficiência ambiental (Geels, 2005; Geels; Kemp, 2007), uma vez que, a teoria parte do pressuposto de que funções sociais cruciais, como mobilidade urbana, comunicação eletrônica, abastecimento de água, alimentação, energia e habitação, são asseguradas por um conjunto de entidades pertinentes (Marcon; Alberton, 2021), incluindo também, tecnologias, empresas, cadeias de abastecimento, infraestruturas, mercados e regulamentações, são chamadas de sistema sociotécnico (Geels, 2002).

Os sistemas sociotécnicos têm como estratégia desempenhar funções sociais, formados por uma variedade de componentes, como artefatos, conhecimento, mercados, regulação, infraestrutura, redes de manutenção e redes de abastecimento (Geels, 2005). À medida que esses elementos se equiparam e coevoluem em conjunto, estabelecem uma interdependência recíproca e sólida, tornando-se suficientes para enfrentar as mudanças (Geels, 2002; 2004; 2012).

O elemento primordial nestes sistemas, o regime sociotécnico, se dá em razão, da

presença de diretrizes, possibilidades e crenças compartilhadas que norteiam a conduta dos diversos participantes no sistema (Geels, 2006; Hermans; Apeldorn; Krok, 2012). O regime sociotécnico, por conseguinte, é definido por meio dos componentes imateriais e subjacentes, como convicções na área de engenharia, estratégias práticas, procedimentos regulares, métodos padronizados de execução, modelos políticos, perspectivas, interpretação cultural, compromissos e atividades sociais (Geels, 2002; Forbord, Hansen, 2020; Rip; Kemp, 1998).

Por esta razão, os procedimentos relativos às transições, precisam analisar, as dimensões geográficas ou espaciais, estruturas globais, questões de justiça e poder, além de conflitos de agência, minuciosamente examinadas em uma análise ampla e integradora (Coenen; Bennerworth; Truffer, 2012; Truffer; Coenen, 2012; Binz; Truffer; Coenen, 2014).

Geels (2002) explora a transformação sociotécnica, como o processo de formalização de elementos, uma rearticulação sequencial desses componentes. A concepção de um sistema sociotécnico amplia a perspectiva relacionada à tecnologia, indo além de um simples regime técnico para englobar também um regime social (Geels, 2004; Geels; Ravem, 2006; Hermans; Apeldoorn; Kok, 2012).

Desta forma, a produção e disseminação de inovações não se limitam apenas às tecnologias, mas são influenciadas por mudanças nos valores da sociedade (Markard; Raven; Truffer, 2012).

É crucial destacar que a implementação de uma alteração em um elemento específico não apenas desencadeia mudanças, mas também conduz à transformação de outros elementos, evidenciando a interconexão entre os elementos do sistema sociotécnico (Geels, 2011; Geels; Kemp, 2007). A transição sociotécnica analisa o processo de introdução de inovações tecnológicas no mercado, avaliando se estas estão presentes nos níveis micro, meso ou macro (Geels, 2004; 2006).

As transições em um sistema sociotécnico não devem estar restritas unicamente à simples troca de tecnologias; ao contrário, elas abarcam uma composição complexa de elementos que transcende a mera substituição, envolvendo complexas inter-relações sociotécnicas e dinâmicas multifacetadas.

2.3. PERSPECTIVA MULTINÍVEL

A configuração sociotécnica abrange uma série de tendências estruturais profundas,

conforme destacado por Geels (2004). No que diz respeito aos níveis do processo de transição, a conexão entre a paisagem, o regime e o nicho se assemelham a uma organização instalada, onde os regimes estão internamente alocados em paisagens e nichos, além de no interior dos regimes (Elzen; Geels; Green, 2004; Geels, 2002; 2004; 2006; 2011; Geels; Kemp, 2007; Geels; Schot, 2007).

As transições sociotécnicas são abordadas sob a perspectiva de "incluir relações sociais (tais como interesses, valores e comportamentos de pessoas e organizações) que conectam, utilizam e dão sentido a artefatos tecnológicos (ou seja, ferramentas e máquinas)" (Elzen; Geels; Green, 2004, p. 52). As abordagens para as "discussões descritivas e normativas da mudança de regime mostram três características-chave: unilinear, univalente e unidimensional" (Elzen; Geels; Green, 2004, p. 62).

Essa complexa paisagem, inclui uma diversidade de fatores de mudança gradual, tais como valores culturais e normativos, amplas coalizões políticas, evoluções econômicas de longo prazo, acumulação de problemas ambientais, e fenômenos migratórios, conforme debatido por (Elzen; Geels; Green, 2004).

Os nichos, por outro lado, referem-se a ambientes resguardados ou domínios específicos nos quais inovações radicais têm a oportunidade de se desenvolver sem serem submetidas às pressões seletivas do regime predominante (Kemp, 1994; Kemp; Rotmans, 2010). De tal modo que os nichos, "são protegidos da seleção normal do mercado, eles atuam como salas de incubação para novidades radicais" (Elzen; Geels; Green, 2004, p. 35).

A MLP (Multi-Level Perspective), destaca-se como uma abordagem envolvente nas transições sociotécnicas, proposta para compreender de maneira abrangente como a inter-relação entre diversos níveis analíticos, influenciam o desenvolvimento do sistema. Esta perspectiva, ao expressar uma proposição, esclarece as dinâmicas complexas desse processo. Além disso, desenvolve uma base teórica sólida para a transição sociotécnica, assemelhando-se a um intrigante processo de inovações de nicho que desafia os regimes existentes (Levidow; Upham, 2017).

Os "nichos atuam como salas de incubação que protegem as novidades contra a seleção do mercado convencional" (Geels, 2002, p. 32). São espaços tecnológicos onde projetos experimentais ocorrem, proporcionando ambientes relativamente protegidos para que novas tecnologias sejam testadas pelos atores do ambiente de seleção (Smith; Raven, 2012). Esta proteção é assegurada por redes de investidores interessados em alocar recursos em inovações tecnológicas. Na literatura sobre nichos tecnológicos, três processos internos

destacam-se: a) a construção de redes sociais que promovem, sustentam e desenvolvem inovações tecnológicas; b) processos de aprendizagem diversificados para aprimorar o desempenho e criar uma configuração sociotécnica eficaz; c) a articulação de expectativas e visões para guiar os processos de aprendizagem e atrair a atenção e o financiamento necessários.

A abordagem MLP proposta por Geels; Schot (2007), oferece uma valiosa contribuição para a análise transversal e colaborativa dos fatores envolvidos na transição. Ao adotar essa perspectiva, é possível examinar de forma abrangente e integrada os elementos que influenciam o processo de transição, proporcionando uma visão mais completa e interdisciplinar das dinâmicas em jogo durante esse período de transformação (Loorbach, 2007).

A MLP, opera em vários níveis de análise, constituindo um processo não linear que se desdobra em três esferas distintas (Geels, 2011; Kemp; Rotmans, 2010). No nível micro, abrangendo nichos e atores tecnológicos, incluem-se fatores tanto intangíveis quanto tangíveis. Refere-se exclusivamente ao ambiente externo, que está além do controle dos atores individuais (Kemp; Rotmans, 2010). Nesse nível, onde as novidades são geradas, experimentadas e disseminadas, proporcionando um ambiente propício para a incubação e multiplicação de inovações radicais por meio de interações entre múltiplos atores, ou seja, esses níveis compõem a base onde as mudanças começam a se materializar (Geels, 2002). Do ponto de vista teórico, essas dinâmicas estão relacionadas aos arranjos institucionais, consolidando a estrutura na qual as transformações se desenrolam de maneira interconectada e coesa.

O nível intermediário, também denominado meso, desempenha um papel crucial na formatação da transformação do regime sociotécnico dominante (Geels, 2002). Corresponde ao domínio que engloba a cultura, estruturas e práticas associadas à infraestrutura física, social e institucional. É neste contexto que ocorrem os desenvolvimentos tecnológicos incrementais, podendo consolidar-se como parte integrante da trajetória da tecnologia (Geels; Kemp, 2007).

O nível macro amplifica a inovação tecnológica e simplifica sua entrada no mercado em escala global, proporcionando uma visão abrangente e articulada de como as transições sociotécnicas se desdobram em diferentes camadas da sociedade (Geels, 2002). Esse nível "apontam para configurações heterogêneas de estabilidade crescente, as quais podem ser vistas como uma hierarquia alinhada" (Geels, 2002, p. 1261). O nível macro constitui o

ambiente no qual o processo de mudança se desenrola, abrangendo elementos como valores, cultura, política, ambiente econômico e ecossistema (Geels, 2002). Este nível exerce uma influência abrangente sobre os demais, intervindo em suas direções e criando condições propícias ou obstáculos para o desenvolvimento do processo em questão.

A interconexão entre esses três conceitos pode ser da mesma forma, comparada a uma estrutura hierárquica, indicando que os regimes estão inseridos nas paisagens e, por sua vez, os nichos são incorporados nos regimes (Geels, 2002; 2011; Elzen; Geels; Green, 2004; Rip; Kemp, 1998). A abordagem em vários níveis desses três componentes fundamenta-se na ideia de que eles proporcionam diferentes formas de coordenação e organização para as atividades em níveis locais. Assim, esses três níveis diferem em termos de estabilidade e tamanho.

2.4. REGIMES E PRÁTICAS NA TRANSIÇÃO PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS

Transições energéticas referem-se a eventos de ampla repercussão, não resultando apenas em ganhos econômicos, mas também proporcionando efeitos que estimulam interações políticas, culturais e sociais (Geels, 2002; 2006; 2011; Geels; Schot, 2007; Smith; Vob; Grin, 2010). Embora a energia hidrelétrica continue a desempenhar um papel substancial na matriz energética, observa-se uma tendência ascendente na adoção de fontes renováveis, especialmente energia eólica e solar.

As transições energéticas podem ser compreendidas por meio das transições sociotécnicas para a sustentabilidade, uma vez que exigem passar por dinâmicas mudanças estruturais que interferem (Geels, 2002; 2004; 2011; Geels; Schot, 2007; Kemp; Rotmans, 2010). Essa perspectiva compreende que, para lidar com os desafios climáticos e ambientais, as sociedades devem passar por profundas mudanças estruturais que afetam de maneira particular três setores da economia: energia, transporte e agricultura interferem (Geels, 2002; 2004; 2011; Geels; Schot, 2007; Kemp; Rotmans, 2010). Essas transições envolvem a análise das interações entre diferentes âmbitos da vida em sociedade, como tecnologia, políticas públicas, mercados, padrões de consumo, infraestrutura, significados culturais e conhecimento científico (Geels, 2011; Kemp; Rotmans, 2010).

A diversificação da matriz energética não apenas reduz a dependência de fontes tradicionais, mas também fortalece a resiliência do sistema energético diante de desafios futuros (ANEEL, 2023). Antes dessa mudança de mentalidade e atitude, na busca por

sustentabilidade e energia limpa, a produção energética dependia principalmente de fontes baseadas em energia fóssil, resultando na emissão significativa de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases do efeito estufa (Geels, 2018).

O aumento da conscientização ambiental impulsionou a necessidade de fontes mais limpas, alinhando-se a políticas energéticas voltadas para a produção com impacto ambiental mínimo (Foxon, 2011; Geels, 2018). Essa transição é crucial para a busca da sustentabilidade e para a reestruturação da matriz energética na sociedade contemporânea, servindo como base para a disseminação generalizada de fontes de energia renováveis. O sistema de energia é percebido como integrado a uma paisagem mais abrangente, que engloba a paisagem física e outros sistemas inter-relacionados, como transporte e habitação (Grin; Rotmans; Schot, 2010).

Esse movimento reflete não apenas uma diversificação nas fontes de energia, mas também um impulso significativo em direção a opções mais sustentáveis e eficientes. O ano de 2023 testemunhou a capacidade instalada de energia eólica ultrapassando os 20 gigawatts (GW), consolidando-se como uma contribuição significativa para a diversificação da matriz energética nacional.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo se inicia por meio de uma revisão sistemática, englobando a busca meticulosa de artigos publicados em áreas específicas e intrinsecamente relacionadas à temática apresentada. Esse enfoque permite um aprofundamento substancial nas pesquisas conduzidas, contribuindo de maneira significativa para o avanço dos estudos sobre sustentabilidade e seus indicadores. Adota-se o Método Ordinatio (Pagani; Kovaleski; Resende, 2015; 2017) como estratégia metodológica para a revisão sistemática, visando a seleção e composição de um portfólio abrangente dos principais estudos bibliográficos.

Para a consecução efetiva da pesquisa, bem como para a aplicação do método eleito, foram rigorosamente seguidos nove passos, delineados da seguinte forma: 1. Definição clara da intenção de pesquisa; 2. Realização de buscas preliminares para a avaliação das palavras-chave nas bases de dados; 3. Estabelecimento definitivo das palavras-chave; 4. Escolha criteriosa das bases de dados a serem exploradas; 5. Execução de filtragem e exclusão de artigos duplicados; 6. Avaliação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações dos artigos selecionados; 7. Implementação do método InOrdinatio para a classificação dos artigos; 8. Investigação das bases de dados em busca dos artigos em seu formato integral; 9.

Realização da análise e leitura completa dos artigos selecionados (Pagani; Kovaleski; Resende 2015; 2017).

A pesquisa propõe-se a realizar um levantamento abrangente de artigos que abordem a matriz energética e perspectiva multinível em consonância com o conceito de cidades sustentáveis. Nesse contexto, posteriormente aos primeiros testes e análises preliminares foram definidos os descritores da pesquisa: Transições Sociotécnicas, "Matriz Energética", Perspectiva Multinível ("Sociotechnical transitions" and "Energy Matrix," and "Multilevel Perspective."). As bases de dados escolhidas para a pesquisa final compreendem o Science Direct, Scielo e Web of Science. As buscas nessas bases de dados foram realizadas até a data de 18/01/2024, abrangendo todos os campos de pesquisa, com uma limitação temporal de 10 anos (2013-2023). Como critérios para a limitação das buscas, optou-se por incluir apenas artigos redigidos nos idiomas espanhol, inglês e português.

Tabela 1: Resultados obtidos nas pesquisas realizadas nas bases de dados

Bases de Pesquisa Palavras chave	Matriz energética e Transições Sociotécnicas	Energy Matrix and Sociotechnical Transitions	Matriz Energética e Perspectiva Multinível	Energy Matrix and Multilevel Perspective
Science Direct	0 Artigos encontrados "Matriz Energética" AND "Transições Sociotécnicas" AND YEAR 2013-2023	13 Artigos encontrados "Energy Matrix" AND "Sociotechnical Transitions" AND YEAR 2013-2023	0 Artigos encontrados "Matriz Energética" AND "Perspectiva Multinível" AND YEAR 2013-2023	21 Artigos encontrados "Energy Matrix" AND "Multilevel perspective" AND YEAR 2013-2023
Scielo	0 Artigos encontrados ("Matriz Energética") AND ("Transições Sociotécnicas") AND (year_cluster:(2013-2023))	0 Artigos encontrados ("Energy matrix") AND ("Sociotechnical Transitions") AND (year_cluster:(2013-2023))	0 Artigos encontrados ("Matriz Energética") AND ("Perspectiva Multinível") AND (year_cluster:(2013-2023))	0 Artigos encontrados ("Energy matrix") AND ("Multilevel perspective") AND (year_cluster:(2013-2023))
Web of Science	0 Artigos encontrados "Matriz Energética" AND "Transições Sociotécnicas" YEAR: 2013-2023	0 Artigos encontrados "energy matrix" AND "Sociotechnical Transitions" YEAR: 2013-2023	0 Artigos encontrados "Matriz Energética" AND "Perspectiva Multinível" YEAR: 2013-2023	0 Artigos encontrados "energy matrix" AND "Multilevel perspective" YEAR: 2013-2023
Artigos Encontrados	0	13	0	21

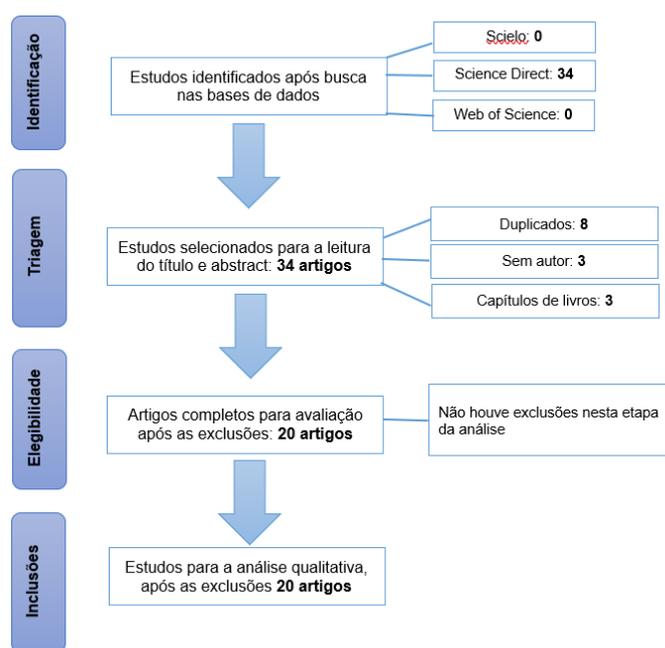
Fonte: os autores

Por meio do suporte do gerenciador de referências Mendeley, os artigos previamente selecionados nas bases de dados, conforme delineado na Tabela 1, foram exportados para o referido gerenciador, facilitando, assim, a verificação meticulosa e identificação de eventuais duplicatas entre as bases. Nesse processo, apenas um artigo duplicado foi identificado. Posteriormente, os 34 artigos foram transferidos para o software Jabref, onde se procedeu à averiguação da presença de ISSNs associados a cada artigo. Nota-se que apenas um artigo não apresentava tal identificador, sendo, portanto, selecionado e preservado de maneira

independente dos demais (Pagani; Kovaleski; Resende, 2015; 2017).

Dando continuidade ao processo, os 34 artigos foram submetidos a uma triagem, consistindo em uma análise preliminar dos títulos para avaliação de sua consonância com os objetivos da pesquisa. Como resultado dessa etapa, 14 artigos foram excluídos. Dos artigos remanescentes, totalizando 20, os autores conduziram a leitura dos resumos e palavras-chave. Nesse contexto, os critérios de inclusão e exclusão foram definidos como segue: Critérios de inclusão: i) artigos que tratavam da temática Transições Sociotécnicas, Matriz Energética, Perspectiva Multinível. ii) artigos que abordavam metodologias tanto qualitativas quanto quantitativas referentes aos indicadores de sustentabilidade, independentemente de serem de natureza empírica ou teórica.

Figura 1: Procedimentos de análise



Fonte: os autores

Após a aplicação dos critérios definidos, vinte artigos foram meticulosamente escolhidos e encaminhados para análise e filtragem de autoria no Gedit Text Editor. Em seguida, foram exportados para a planilha Finder e, posteriormente, para a planilha Rankin. Após esses procedimentos, foram submetidos ao método InOrdinatio para uma análise de relevância, incorporando uma equação elaborada para esse fim (PAGANI et al., 2015, 2017):

$$\text{InOrdinatio} = (F_i / 1000) + (\alpha * (10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub}))) + (\sum C_i)$$

Onde:

F_i = Fator de impacto da revista

a^* = coeficiente atribuído pelo pesquisador à relevância do ano de publicação, podendo variar de 1 a 10

AnoPesq – Ano de realização da busca nas bases de dados

AnoPub = ano de publicação do artigo

$\sum C_i$ = nº de citações do artigo

Considerando a necessidade de obter o número de citações, recorreu-se ao Google Acadêmico para as pesquisas. O fator de impacto foi obtido pela ordenação da planilha Rankin (Pagani; Kovaleski; Resende, 2015; 2017), sendo considerada uma ponderação de 10 pontos, destacando a relevância da pesquisa e a urgência de pesquisas atuais sobre o tema. Essa necessidade foi fundamentada em uma delimitação temporal nas buscas, visando compor um conjunto de artigos mais recentes sobre o tema, alinhada à escolha do método de avaliação das pesquisas relacionadas ao tema em questão, sendo selecionados os artigos constantes na tabela 2.

Tabela 2: artigos selecionados

Autores	Título	Ano	Jornal
Yanine, F.F., Córdova, F.M. and Valenzuela, L.	Sustainable Hybrid Energy Systems: An Energy and Exergy Management Approach with Homeostatic Control of Microgrids	2015	Procedia Computer Science
Jano-Ito, M.A. and Crawford-Brown, D.	Socio-technical analysis of the electricity sector of Mexico: Its historical evolution and implications for a transition towards low-carbon development	2016	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Bridge, G., Özkaynak, B. and Turhan, E.	Energy infrastructure and the fate of the nation: Introduction to special issue	2018	Energy Research & Social Science
Montedonico, M., Herrera-Neira, F., Marconi, A., Urquiza, A. and Palma-Behnke, R.	Co-construction of energy solutions: Lessons learned from experiences in Chile	2018	Energy Research & Social Science
Noboa, E. and Upham, P.	Energy policy and transdisciplinary transition management arenas in illiberal democracies: A conceptual framework	2018	Energy Research & Social Science
Schaube, P., Ortiz, W. and Recalde, M.	Status and future dynamics of decentralised renewable energy niche building processes in Argentina	2018	Energy Research & Social Science
Edsand, H.-E.	Technological innovation system and the wider context: A framework for developing countries	2019	Technology in Society
Ramirez, A.D., Rivela, B., Boero, A. and Melendres, A.M.	Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity generation technologies: A contribution based on the Ecuadorian experience	2019	Energy Policy
Boso, A., Garrido, J., Álvarez, B., Oltra, C., Hofflinger, A. and Gálvez, G.	Narratives of resistance to technological change: Drawing lessons for urban energy transitions in southern Chile	2020	Energy Research & Social Science
De Prá Carvalho, A., Silveira, A.D. and Kindl da Cunha, S.	Renewable energy innovations multiphase trajectory at Itaipu technological park	2020	Journal of Cleaner Production
Israel, A. and Herrera, R.J.	The governance of Peruvian energy transitions: Path dependence, alternative ideas and change in national hydropower expansion	2020	Energy Research & Social Science
Quinteros-Condorety, A.R., Albareda, L., Barbiellini, B. and Soyer, A.	A Socio-technical Transition of Sustainable Lithium Industry in Latin America	2020	Procedia Manufacturing
Conteratto, C., Artuzo, F.D., Benedetti Santos, O.I. and Talamini, E.	Biorefinery: A comprehensive concept for the sociotechnical transition toward bioeconomy	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Valencia, F., Billi, M. and Urquiza, A.	Overcoming energy poverty through micro-grids: An integrated framework for resilient, participatory sociotechnical transitions	2021	Energy Research & Social Science
Corrêa, K.C., Uriona-Maldonado, M. and Vaz, C.R.	The evolution, consolidation and future challenges of wind energy in Uruguay	2022	Energy Policy
HAMPL, N.	Equitable energy transition in Latin America and the Caribbean: Reducing inequity by building capacity	2022	Renewable and Sustainable Energy Transition
Bertolino, A.M., Giganti, P., dos Santos, D.D. and Falcone, P.M.	A matter of energy injustice? A comparative analysis of biogas development in Brazil and Italy	2023	Energy Research & Social Science
Fernandes de Freitas, A. and Jehling, M.	Change and path dependency in expanding energy systems: Explaining Peru's energy transition beyond a North-South divide	2023	Energy Research & Social Science
Icaza-Alvarez, D., Jurado, F. and Tostado-Véliz, M.	Long-term planning for the integration of electric mobility with 100% renewable energy generation under various degrees of decentralization: Case study Cuenca, Ecuador	2023	Energy Reports
Vargas-Payera, S., Ibarra, C. and Hurtado, N.	Social and cultural aspects in the adoption of geothermal heat pump systems to replace wood-burning heaters in educational spaces: The Chilean Patagonian case	2023	Journal of South American Earth Sciences

Fonte: Os autores

No próximo tópico serão apresentados os resultados da análise dos artigos selecionados.

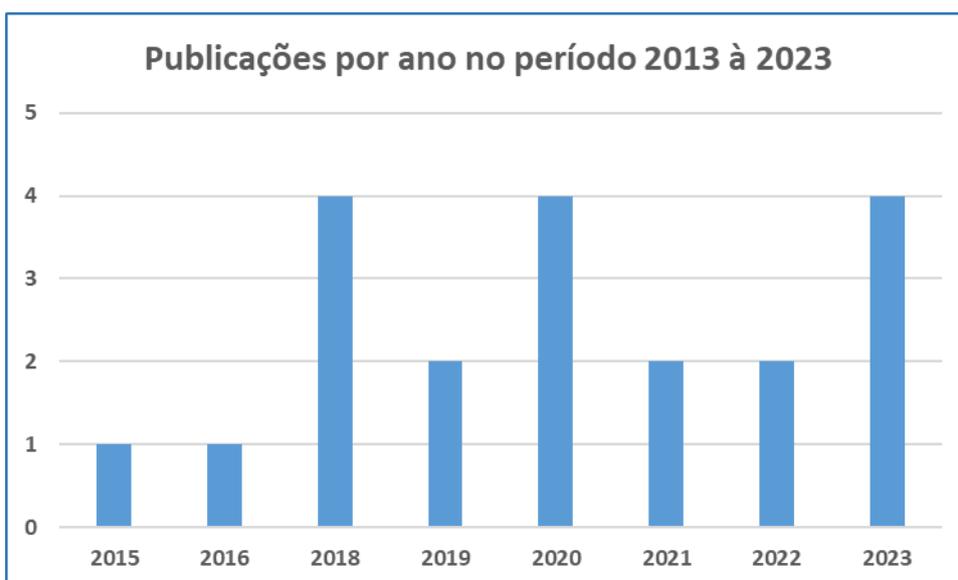
4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo deve-se fazer a análise dos dados coletados, baseando-se na literatura pesquisada. Eventualmente podem ser inseridas tabelas ou figuras em todos os capítulos.

4.1 TABELAS

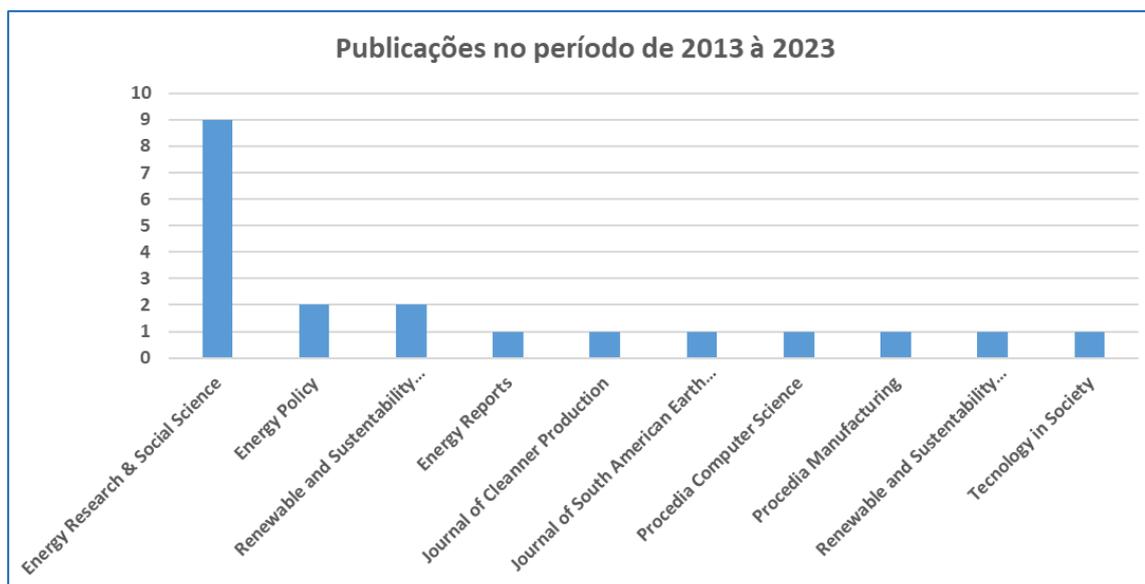
Com base nos levantamentos realizados, pode-se perceber a partir do gráfico um que os temas propostos para a pesquisa estão em fases iniciais, tendo apresentado um ganho significativo na produção de materiais a partir de 2018, período no qual foram registrados aproximadamente 90% de todos os textos selecionados.

Gráfico 1: Publicações por ano



Fonte: os autores

Outro fato relevante que será apresentado no gráfico 2, é que, o principal periódico para o tema proposto é o Energy Research & Social Science, conforme poderá observado registra 45% das pesquisas publicadas.

Gráfico 2: Periódicos

Fonte: os autores

A partir do objetivo deste artigo, que era realizar uma revisão sistemática sobre os estudos ligados a matriz energética relacionando-a à teoria das transições sociotécnicas e à perspectiva multinível, e, sob a égide dos conceitos já apresentados de que as transições sociotécnicas são abordadas sob a perspectiva de "incluir relações sociais (tais como interesses, valores e comportamentos de pessoas e organizações) que conectam, utilizam e dão sentido a artefatos tecnológicos (ou seja, ferramentas e máquinas)" (Elzen; Geels; Green, 2004, p. 52), e que a perspectiva multinível é formado por uma complexa paisagem que inclui uma diversidade de fatores de mudança gradual, tais como valores culturais e normativos, amplas coalizões políticas, evoluções econômicas de longo prazo, acumulação de problemas ambientais, e fenômenos migratórios, conforme debatido por Elzen; Geels; Green (2004), passou-se a analisar os artigos selecionados.

Considerando o objetivo principal desta pesquisa, ou seja, a mudança da matriz energética à luz das transições sociotécnicas, tendo como objetivo a redução dos níveis de poluição, foram o objeto do estudo de Boso, Garrido, Álvarez, Oltra, Hofflinger & Gálvez (2020), no qual os autores estudaram o comportamento dos habitantes das cidades de Temuco e Padre Las Casas e que demonstram resistência na substituição da energia gerada pela queima de lenha da madeira, ao invés de utilizar outras fontes, concluindo-se que, as narrativas de resistência à mudança constituem uma questão crítica, que, os governos locais devem aprender a gerir nas transições para cenários de maior sustentabilidade urbana. Ainda nesta linha encontra-se a pesquisa conduzida por Ramirez, Rivela, Boero e Melendres (2019), que realizaram um

apanhado de dados sobre a utilização de combustíveis fósseis no Equador, com vistas a analisar se aquele país tem níveis de poluição próximo aos demais países do mundo.

Com relação a substituição de fontes renováveis, Vargas-Payera, Ibarra e Hurtado (2023), apresentam argumentos que a geração de energia geotérmica podem ser a resposta, no que tange a redução dos gases do efeito estufa, sendo talvez esta uma resposta às alterações climáticas. Sob o aspecto da prática tem-se o relato de Corrêa, Uriona-Maldonado e Vaz (2022) que descreveram como o Uruguai deixou de ser um país dependente da energia elétrica hidráulica e passou a ter uma parcela significativa da produção, gerada pelas usinas eólicas, passando inclusive a exportar energia para os países vizinhos. O México também tem acompanhado a transformação do setor elétrico conforme Jano-Ito e Crawford-Brown (2016), motivo pelo qual os pesquisadores buscaram compreender as complexas interações entre eles nos aspectos sociais, técnicos e ambientais que orientaram o setor no passado e como isso influencia o futuro do setor, naquele país.

Neste sentido ainda, os sistemas de inovação tecnológica (TIS) como forma de melhoria das matrizes energéticas, são o objeto do estudo de Edsand (2019), trazendo à luz os resultados de uma pesquisa conduzida na Colômbia. No Brasil, o destaque se dá aos Parques tecnológicos de Inovação, apresentados por Carvalho, Silveira e Kindl (2020), ao relatar o caso da Itaipu e os projetos deecoinovação.

No que tange a novas tecnologias de geração de energia, têm-se a revisão realizada por Bridge, Özkaynak e Turhan (2018), os quais destacam que diversos países estão migrando para a geração de energia por meio de fontes eólica, hídrica, carvão, gás e nuclear, destacando ainda que o desenvolvimento tecnológico do país passa pela modernização da prestação de serviços energéticos e transição para sistemas energéticos mais sustentáveis. Por sua vez, Schaube, Ortiz e Recalde (2018) buscaram caracterizar as iniciativas de utilização de energias renováveis, bem como o potencial de desenvolvimento e indução de uma transformação ampla no sistema energético argentino.

Com relação ao crescimento da população urbana e como a geração de energia pode afetar o desenvolvimento encontramos o estudo conduzido por Icaza-Alvarez, Jurado e Tostado-Véliz (2023), que relatam o caso da eletrificação e como ela pode afetar os transportes e o progresso das regiões, como no caso do Equador, lembrando que esse processo é uma construção de longo prazo e deve unir as forças público e privadas para a consecução. Nesta mesma linha e sobre a ótica da governança, Israel e Herrera (2020), apresentam o caso da cidade de Marañón no Peru. Yanine, Córdova e Valenzuela (2015) sugerem a adoção de um sistema híbrido de

energia que pode ser utilizado tanto no contexto urbano quanto no rural, tal qual ocorre no Chile.

No que tange às pequenas comunidades, ou às comunidades rurais Valencia, Billi e Urquiza (2021), apresentam o conceito de micro redes que tem ganhado destaque por parte da comunidade científica, uma vez que, torna-se uma alternativa atraente para fornecer acesso à energia limpa às comunidades rurais e, desta forma, contribuem para superar a pobreza energética. Montedónico, Herrera-Neira, Marconi, Urquiza e Palma-Behnke (2018), destacam a Co-construção de um Centro de distribuição energética para enfrentar os desafios de transferência de tecnologia baseada em projetos de geração distribuída - no contexto de transições energéticas em locais isolados.

Sob a ótica das políticas públicas relacionadas às transições energéticas Bertolino, Giganti, Santos e Falcone (2023), realizaram um estudo relacionando a utilização do biogás no Brasil e na Itália, que apresenta diversos insights para pesquisadores e desenvolvedores de políticas públicas sobre o tema, outro estudo que merece destaque nesta linha é o de Hampl (2022), que explorou a transição energética que vem ocorrendo na América Latina e Caribe com relação aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) relacionados com a inovação (ODS 9), a igualdade (ODS 10) e as instituições (ODS 16), concluindo-se que o acesso desigual – à educação, à formação e às capacidades comprometem a compreensão e utilização das energias renováveis, afetando o potencial local e regional, no que tange a criatividade e produtividade. Por fim Noboa e Upham (2018) ressaltam que uma combinação de conhecimentos provenientes da gestão da transição e da investigação transdisciplinar oferecem uma base para a orientação e definição de políticas públicas.

Como propostas de pesquisas sobre as transições energéticas Fernandes de Freitas e Jehling (2023), sugerem que ao invés de fazermos uma diferenciação entre países do norte e do sul global, que de maneira empírica se busque diferenciar os países pelo sistema energético, principalmente para aqueles em expansão. Do ponto de vista da prática, Quinteros-Condorett, Albareda, Barbiellini e Soyer (2020), destacam a utilização de veículos elétricos como forma de uma transição de mobilidade sustentável e uma economia sem emissões de carbono a nível mundial, ressaltando a importância da Argentina, Bolívia e Chile neste processo, uma vez que quase 50% das reservas de Lítio estão localizados naqueles países.

Como se pode observar no período de 2013 a 2023, corte temporal da pesquisa, mais de 95% das pesquisas priorizaram os países da América Latina e Caribe, o que permite inferir ser esta a grande fronteira a ser desbravada nos próximos anos.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo de analisar as publicações realizadas no período de 2013 à 2023, relacionadas à Matriz Energética, as transições sociotécnicas e a Matriz Energética e a perspectiva multinível. A urgência de transições para mudanças sociais, enfocando complexidade e incertezas, destaca-se como crucial. A eficiência energética, especialmente em países em desenvolvimento, é central na análise da matriz energética, como forma de estimular o crescimento e desenvolvimento Quinteros-Condoretty, Albareda, Barbiellini e Soyer (2020).

A transição tecnológica para a energia solar, que ocorrerá entre os níveis micro, meso e macro, depende do reconhecimento da inovação como necessária, viável e vantajosa para a sociedade. Destaca-se o papel essencial do nicho na aprendizagem e mudança tecnológica, permitindo que os atores experimentem e formem expectativas sobre novas tecnologias. Essa troca de conhecimentos, experiências e aspirações promove a aprendizagem mútua e incentiva a mudança nos regimes energéticos dominantes.

No nível micro, atores como universidades, empresas privadas, governo, órgãos governamentais e iniciativas de pesquisa desempenham papel crucial no aprendizado, incorporação institucional, formação de redes e atendimento das necessidades sociais. Uma das oportunidades mais abordadas é o alto custo da energia elétrica no modelo atual, enfatizando a necessidade de migrar para modelos energéticos sustentáveis.

No contexto meso da análise multinível, é claro que a energia solar precisa seguir em sua trajetória de desenvolvimento para se integrar como parte fundamental do regime dominante. Os principais impulsionadores desse avanço são o sistema político e o estabelecimento de normas e regulamentos, que se destacam como fatores essenciais na criação de oportunidades para o progresso da tecnologia solar. Essas oportunidades ganham ainda mais relevância quando associadas à economia, refletindo a busca dos países por um crescimento econômico alinhado à gestão climática. Nesse cenário, o governo desempenha um papel crucial na condução dessa trajetória.

No nível macro, observa-se uma expansão das análises e da conscientização acerca da crucial importância das inovações sustentáveis. Este panorama, que se estende por diversas

frentes sociais, ressalta a crescente demanda e implementação de energias renováveis. Essas inovações são consideradas essenciais não apenas para enfrentar desafios globais, como crises financeiras e problemas ambientais, mas também para promover um entendimento mais abrangente da pesquisa energética.

Análises ampliadas, provenientes de diversos estudos, apontam para a associação entre os pilares da sustentabilidade e o regime sociotécnico. Focando as transições energéticas, inovações e políticas de desenvolvimento, essa perspectiva envolve a aplicação da teoria sociotécnica e políticas governamentais são fatores que buscam impulsionar o uso de energias renováveis em prol da sustentabilidade.

Considerando-se os artigos selecionados, com relação ao objetivo do trabalho pode-se considerar que o mesmo foi atingido, uma vez que foi possível observar ao longo de todo o texto as considerações relacionadas aos níveis micro, meso e macro da perspectiva multinível, bem como os elementos relacionados a transição sociotécnica.

Como estudos futuros surge lacunas de pesquisa aprofundar o relacionado a transição sociotécnica e seus impactos e contribuição para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Brasil ultrapassa os 190 GW em capacidade de geração de energia elétrica.** 2024. Brasília, Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/recordena-expansao-da-geracao-matriz-eletrica-brasileira-teve-aumento-de-10-3-gw-em-2023> Acesso em: 20 jan. 2024.
- BAUKNECHT, D., ANDERSEN, A. D., & DUNNE, K. Challenges for electricity network governance in Energy transitions: Insights from Norway, No 20200115, **Working Papers on Innovation Studies, Centre for Technology, Innovation and Culture**, University of Oslo, 2020. Disponível em <https://EconPapers.repec.org/RePEc:tik:inowpp:20200115>. Acesso em 05 Jan. 2024.
- BERGEK, A., HEKKERT, M., JACOBSSON, S., MARKARD, J., SANDÉN, B., & TRUFFER, B. Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. **Environmental innovation and societal transitions**, v. 16, p. 51-64, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221042241530006X> Acesso em 08 Jan. 2024.
- BERTOLINO, André Mateus et al. A matter of energy injustice? A comparative analysis of biogas development in Brazil and Italy. **Energy Research & Social Science**, v. 105, p. 103278, 2023. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629623003389> Acesso em 06 Jan. 2024.
- BINZ, Christian; TRUFFER, Bernhard; COENEN, Lars. Why space matters in technological innovation systems—Mapping global knowledge dynamics of membrane bioreactor

- technology. **Research Policy**, v. 43, n. 1, p. 138-155, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.07.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733313001182> Acesso em 05 Jan. 2024
- BINZ, Christian; TRUFFER, Bernhard; COENEN, Lars. Path creation as a process of resource alignment and anchoring: Industry formation for on-site water recycling in Beijing. **Economic Geography**, v. 92, n. 2, p. 172-200, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00130095.2015.1103177>. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00130095.2015.1103177>. Acesso em 15 Jan. 2024.
- BINZ, Christian; TRUFFER, Bernhard. Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. **Research Policy**, v. 46, n. 7, p. 1284-1298, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.05.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004873331730095>. Acesso em 05 jan. 2024.
- BOSO, Alex et al. Narratives of resistance to technological change: Drawing lessons for urban energy transitions in southern Chile. **Energy Research & Social Science**, v. 65, p. 101473, 2020. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620300505> acesso em 05 Jan. 2024.
- BRIDGE, Gavin; ÖZKAYNAK, Begüm; TURHAN, Ethemcan. Energy infrastructure and the fate of the nation: Introduction to special issue. **Energy Research & Social Science**, v. 41, p. 1-11, 2018. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618302251>. Acesso em 08 Jan. 2024.
- CARVALHO, Andrielle De Prá; SILVEIRA, Aline Dario; DA CUNHA, Sieglinde Kindl. Renewable energy innovations multiphase trajectory at Itaipu technological park. **Journal of Cleaner Production**, v. 246, p. 119062, 2020. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619339320>. Acesso em 08 Jan. 2024.
- COENEN, Frans; HUITEMA, Dave; WOLTJER, Johan. Participatory Decision-Making for Sustainable Consumption. **Public Participation and Better Environmental Decisions**, [S.L.], p. 89- 110, 2009. Springer Netherlands. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9325-8_6. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-9325-8_6. Acesso em 08 Jan. 2024.
- COENEN, Lars; BENNEWORTH, Paul; TRUFFER, Bernhard. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 968-979, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733312000571>. Acesso em 07 Jan. 2024.
- CONTERATTO, Caroline et al. Biorefinery: A comprehensive concept for the sociotechnical transition toward bioeconomy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 151, p. 111527, 2021. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121008054>. Acesso em 08 de Jan. 2024.
- CORRÊA, Kleber Costa; URIONA-MALDONADO, Mauricio; VAZ, Caroline Rodrigues. The evolution, consolidation and future challenges of wind energy in Uruguay. **Energy**

Policy, v. 161, p. 112758, 2022. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421521006248>. Acesso em 08 de Jan. 2024.

DE FREITAS, Alena Fernandes; JEHLING, Mathias. Change and path dependency in expanding energy systems: Explaining Peru's energy transition beyond a North–South divide. **Energy Research & Social Science**, v. 99, p. 103039, 2023. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629623000993>. Acesso em 08 de Jan. 2024.

EDSAND, Hans-Erik. Technological innovation system and the wider context: A framework for developing countries. **Technology in Society**, v. 58, p. 101150, 2019. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X18301222> Acesso em 08 de Jan. 2024.

ELZEN, Boelie; GEELS, Frank W.; GREEN, Kenneth (Ed.). **System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy**. Edward Elgar Publishing, 2004.

FORBORD, Magnar; HANSEN, Lillian. Enacting sustainable transitions: a case of biogas production and public transport in trøndelag, norway. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 254, p. 120156, maio 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120156>. Disponível em: [Enacting sustainable transitions: A case of biogas production and public transport in Trøndelag, Norway - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09596526203000993). Acesso em 08 de Jan. 2024.

GEELS, Frank W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, [s.l.], v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, Dec. 2002. Elsevier BV. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8). Disponível em: [Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733302000628). Acesso em 08 de Jan. 2024.

GEELS, Frank W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. **Research Policy**, [s.l.], v. 33, n. 6-7, p. 897-920, set. 2004. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>. Disponível em: [From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004873330400015). Acesso em 05 de Jan. 2024.

GEELS, Frank. W. Processes and patterns in transitions and system innovations: refining the coevolutionary multi-level perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], v. 72, n. 6, p. 681-696, jul. 2005. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2004.08.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162505000569?via%3Dihub>. Acesso em 05 Jan. 2024.

GEELS, F.W. Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: the transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930– 1970), **Technovation**, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.08.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497205001276?via%3Dihub>. Acesso em 05 Jan. 2024.

GEELS, Frank W.; KEMP, René. Dynamics in socio-technical systems: typology of change processes and contrasting case studies. **Technology in Society**, [s.l.], v. 29, n. 4, p. 441-455, nov. 2007. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2007.08.009>. Disponível em: [Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092464600700009). Acesso em 06 Jan. 2024.

GEELS, Frank W.; SCHOT, Johan. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 399-417, abr. 2007. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>. Disponível em: [Typology of sociotechnical transition pathways - ScienceDirect](#). Acesso em 06 Jan. 2024.

GEELS, Frank W. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 24-40, jun. 2011. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>. Disponível em: [The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms - ScienceDirect](#). Acesso em 08 Jan. 2024.

GEELS, Frank W.; KERN, Florian; FUCHS, Gerhard; HINDERER, Nele; KUNGL, Gregor; MYLAN, Josephine; NEUKIRCH, Mario; WASSERMANN, Sandra. The enactment of sociotechnical transition pathways: a reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990-2014). **Research Policy**, [s.l.], v. 45, n. 4, p. 896-913, maio 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.015>. Disponível em: [The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions \(1990–2014\) - ScienceDirect](#). Acesso em 06 Jan. 2024.

GEELS, Frank W. SOVACOOOL, Benjamin K., SCHWANEN, Tim, SORRELL, Steve. Sociotechnical transitions for deep decarbonization. **Science**, v. 357, n. 6357, p. 1242-1244, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aao3760>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aao3760>. Acesso em 06 Jan. 2024.

GEELS, Frank W. Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the Multi-Level Perspective. **Energy Research & Social Science**, v. 37, p. 224-231, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629617303377>. Acesso em 09 Jan. 2024.

GRIN, J.; ROTMANS, J.; SCHOT, J. **Transition to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change**. Routledge. NY. 2010.

HAMPL, Nora. Equitable energy transition in Latin America and the Caribbean: Reducing inequity by building capacity. **Renewable and Sustainable Energy Transition**, v. 2, p. 100035, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100035>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667095X22000198>. Acesso em 06 Jan. 2024.

HERMANS, F.; APELDOORN, M. S.; KOK, K. Niches and networks: Explaining network evolution through niche formation processes. **Research Policy**, in press, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.10.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733312002314>. Acesso em 06 Jan. 2024.

ICAZA-ALVAREZ, Daniel; JURADO, Francisco; TOSTADO-VÉLIZ, Marcos. Long-term planning for the integration of electric mobility with 100% renewable energy generation under various degrees of decentralization: Case study Cuenca, Ecuador. **Energy Reports**, v. 9, p. 4816-4829, 2023. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723003554>. Acesso em 09 Jan. 2024.

ISRAEL, Alena; HERRERA, Rocío Juliana. The governance of Peruvian energy transitions: Path dependence, alternative ideas and change in national hydropower expansion. **Energy Research & Social Science**, v. 69, p. 101608, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101608> Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620301833>. Acesso em 09 Jan. 2024.

KEMP, R. Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. **Futures**, v. 26 (10), p. 1023-1046, 1994. DOI:

[https://doi.org/10.1016/0016-3287\(94\)90071-X](https://doi.org/10.1016/0016-3287(94)90071-X). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001632879490071X>. Acesso em 06 Jan. 2024.

KEMP, René; SCHOT, Johan; HOOGMA, Remco. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis & Strategic Management**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 175-198, jan. 1998. Informa UK Limited. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09537329808524310>. Disponível em

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537329808524310>. Acesso em 08 Jan. 2024.

KEMP, D. D.; ROTMANS, J. The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems. In: WEBER, M.; HEMMELSKAMP, J. (Eds) **Towards Environmental Innovation Systems**. Berlin: Springer, pp. 33-55, 2010. DOI:

https://doi.org/10.1007/3-540-27298-4_3. Disponível em

https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-27298-4_3. Acesso em 06 Jan. 2024.

LACHMAN, Daniël A. A survey and review of approaches to study transitions. **Energy Policy**, [s.l.], v. 58, p. 269-276, jul. 2013. Elsevier BV. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.013>. Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513001675?via%3Dihub>. Acesso em 09 Jan. 2024.

LEVIDOW, L.; UPHAM, P. Linking the multi-level perspective with social representations theory: Gasifiers as a niche innovation reinforcing the energy-from-waste (EfW) regime. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 120, p. 1-13, jul. 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.028>. Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517303906>. Acesso em 08 Jan. 2024.

LOORBACH, D. **Transition management**: new mode of governance for sustainable development. International Books: Netherlands, 2007.

JANO-ITO, Marco A.; CRAWFORD-BROWN, Douglas. Socio-technical analysis of the electricity sector of Mexico: Its historical evolution and implications for a transition towards low-carbon development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 567-590, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.153>. Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115012320>. Acesso em 08 Jan. 2024.

MARKARD, Jochen; TRUFFER, Bernhard. Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework. **Research Policy**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 596-615, maio 2008. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.004>.

Disponível em

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733308000164?via%3Dihub>.

Acesso em 06 Jan. 2024.

MARKARD, Jochen; RAVEN, Rob; TRUFFER, Bernhard. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 955-967, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004873331200056X>. Acesso em 06 Jan. 2024.

MARKARD, J., HEKKERT, M., JACOBSSON, S. The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16, 76-86, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.006>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422415300095>. Acesso em 09 Jan. 2024.

MONTEDONICO, Marcia et al. Co-construction of energy solutions: Lessons learned from experiences in Chile. **Energy Research & Social Science**, v. 45, p. 173-183, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.006>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629618308351>. Acesso em 05 Jan. 2024.

NOBOA, Eduardo; UPHAM, Paul. Energy policy and transdisciplinary transition management arenas in illiberal democracies: A conceptual framework. **Energy Research & Social Science**, v. 46, p. 114-124, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.014>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629618301403>. Acesso em 14 Jan, 2024.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; DE RESENDE, Luis Mauricio Martins. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i2.1886>. Disponível em <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1886>. Acesso em 15 Jan. 2024.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, p. 2109-2135, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-015-1744-x>. Acesso em 15 Jan. 2024.

QUINTEROS-CONDORRETTY, America Rocio; ALBAREDA, Laura; BARBIELLINI, Bernardo; SOYER, Ayberk. A socio-technical transition of sustainable lithium industry in Latin America. **Procedia manufacturing**, v. 51, p. 1737-1747, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.242>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197892032117X>. Acesso em 14 Jan. 2024.

RAMIREZ, Angel D.; RIVELA, Beatriz; BOERO, Andrea; MELENDRES, Ana M. Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity generation technologies: A contribution based on the Ecuadorian experience. **Energy Policy**, v. 125, p. 467-477, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.005>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421518307286>. Acesso em 12 Jan. 2024.

RIP, Arie; KEMP, René. **Technological change**. Human Choice and Climate Change, v. 2, n. 2, p. 327-399, 1998. Disponível em <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fkemp.unu-merit.nl%2FRip%2520and%2520Kemp.pdf&psig=AOvVaw0oxdYwJbNYxKnBF8i4jYDH&ust=1713313044703000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAUQn5wMahcK>

[EwiAj_jNusWFAxUAAAAAHQAAAAAQBA](#). Acesso em 04 Jan. 2024.

SCHAUBE, Philipp; ORTIZ, Willington; RECALDE, Marina. Status and future dynamics of decentralised renewable energy niche building processes in Argentina. **Energy Research & Social Science**, v. 35, p. 57-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.037>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629617303675>. Acesso em 06 Jan. 2024.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda and policy. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20 (5), p. 537-554, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537320802292651>. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537320802292651>. Acesso em 06 Jan. 2024.

SMITH, A.; RAVEN, R. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. **Research Policy**, v. 41, p. 1025-1036, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.12.012>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733312000601>. Acesso em 09 Jan. 2024.

SMITH, A.; VOß, J-P.; GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: the allure of the multi-level perspective and its challenges. **Research Policy**, v. 39, p. 435-448, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733310000375>. Acesso em 05 Jan. 2024.

SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio technical transitions. **Research Policy**, v. 34, p. 1491-1510, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.07.005>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733305001721>. Acesso em 08 Jan. 2024.

TRUFFER, Bernhard; COENEN, Lars. Environmental innovation and sustainability transitions in regional studies. **Regional Studies**, v. 46, n. 1, p. 1-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2012.646164>. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343404.2012.646164>. Acesso em 08 Jan. 2024.

TURNHEIM, Bruno; NYKVIST, Björn. Opening up the feasibility of sustainability transitions pathways (STPs): Representations, potentials, and conditions. **Research Policy**, v. 48, n. 3, p. 775- 788, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.12.002>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733318302968>. Acesso em 09 Jan. 2024.

VALENCIA, Felipe; BILLI, Marco; URQUIZA, Anahí. Overcoming energy poverty through micro-grids: An integrated framework for resilient, participatory sociotechnical transitions. **Energy Research & Social Science**, v. 75, p. 102030, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102030>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629621001237>. Acesso em 07 Jan. 2024.

VARGAS-PAYERA, Sofía; IBARRA, Cecilia; HURTADO, Nicolás. Social and cultural aspects in the adoption of geothermal heat pump systems to replace wood-burning heaters in educational spaces: The Chilean Patagonian case. **Journal of South American Earth Sciences**, p. 104426, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104426>. Disponível

em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981123002377>. Acesso em 08 Jan. 2024.

YANINE, Fernando F.; CÓRDOVA, Felisa M.; VALENZUELA, Lionel. Sustainable hybrid energy systems: an energy and exergy management approach with homeostatic control of microgrids. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 642-649, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.060>. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915015355>. Acesso em 08 Jan. 2024.